

Министерство образования и науки Российской Федерации

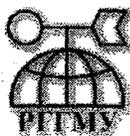
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Т.Е. Симакина

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

**«ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА
СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ
С ПОМОЩЬЮ ГИС IDRISI»**

по дисциплине
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2004

УДК 91(075.8)

Рецензенты: А.В.Белоцерковский, д.ф.-м.наук, проф. (РГГМУ);
Л.П. Бобылев, к.ф.-м.наук (Научный фонд «Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена).

Т.Е. Симакина. Лабораторный практикум «Цифровая обработка спутниковых снимков с помощью ГИС IDRISI» по дисциплине «Геоинформационные системы». - Санкт-Петербург, РГГМУ, 2004. - 58 с.

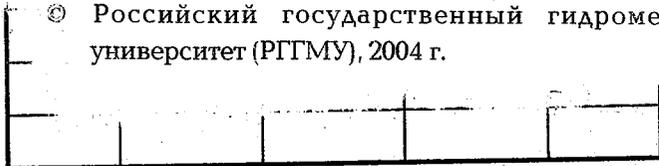
В лабораторный практикум по учебной дисциплине «Геоинформационные системы» включены работы, представляющие собой ключевые этапы цифровой обработки спутниковых метеорологических снимков. Выполнение данных работ позволит отработать основные приемы преобразования спутниковых многозональных данных с целью повышения их качества и извлечения содержащейся в них информации, а также получить практические навыки реализации различных методов обработки в среде геоинформационной системы IDRISI.

Практикум содержит основные теоретические сведения по методам цифровой обработки растровых изображений и методические рекомендации по использованию основных модулей геоинформационной системы IDRISI версии 2.0.

Лабораторный практикум предназначен для студентов гидрометеорологического университета.

© Симакина Т.Е.

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2004 г.



СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Введение	4
Лабораторная работа 1 Геометрическая коррекция и географическая привязка спутниковых снимков	5
Лабораторная работа 2 Атмосферная коррекция спутниковых снимков	11
Лабораторная работа 3 Подавление импульсного шума на спутниковых изображениях ...	13
Лабораторная работа 4 Сегментация объектов на спутниковых снимках с помощью яркостного порога	18
Лабораторная работа 5 Подчеркивание границ объектов и выделение контуров на спутниковых снимках	21
Лабораторная работа 6 Повышение контраста изображения	26
Лабораторная работа 7 Синтез спутниковых изображений	31
Лабораторная работа 8 Исследование методов классификации изображений с обучением	34
Лабораторная работа 9 Кластерный анализ спутниковых снимков	42
Лабораторная работа 10 Преобразование спутниковых снимков методом главных компонент	49
Литература	55

379332

ПРЕДИСЛОВИЕ

Практикум содержит 10 лабораторных работ и подготовлен в соответствии с программой дисциплины «Геоинформационные системы». Цель данных работ — освоение студентами основных методов обработки растровых изображений и их реализация с использованием географической информационной системы (ГИС) IDRISI.

Выполнение всех работ предполагает использование программного пакета ГИС IDRISI, версии 2.0. Каждая лабораторная работа включает в себя необходимые для ее выполнения теоретические сведения и методические указания по использованию модулей ГИС IDRISI. Исходными материалами для данных работ являются космические снимки Земли в различных диапазонах электромагнитного спектра, полученные с помощью отечественных и зарубежных средств дистанционного зондирования.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широкое развитие получили географические информационные системы, которые позволяют эффективно работать с пространственно-распределенной информацией — картами, планами, и в том числе с данными дистанционного зондирования Земли, т.е. спутниковыми снимками в различных спектральных диапазонах. Одним из широко распространенных инструментов анализа растровых изображений, какими и являются космические снимки, служит пакет программ IDRISI, разработанный в американском университете Кларк. Этот пакет сегодня внедряется в России как для учебных, так и для научно-практических целей.

Цифровая обработка изображений относится к числу наиболее динамично развивающихся информационных технологий. Используемый в данном Практикуме пакет ГИС IDRISI объединяет порядка 100 программных модулей, которые позволяют улучшать качество изображений, осуществлять математические операции над ними, вычислять статистические характеристики изображений, проводить классификацию объектов и многое другое. Эти операции позволяют по данным спутникового дистанционного зондирования получать информацию о состоянии окружающей среды и землепользовании, оценивать последствия стихийных бедствий и решать множество других задач.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1 ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ И ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПРИВЯЗКА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Цель работы

Изучить методику геометрической коррекции и географической привязки спутниковых снимков методом «контрольных точек» и получить практические навыки по реализации данного метода в среде геоинформационной системы (ГИС) IDRISI.

Основные теоретические положения

Спутниковые снимки, как и все данные дистанционного зондирования, подвержены геометрическим искажениям, которые вызываются кривизной поверхности Земли, поворотом Земли во время сеанса приема спутниковой информации и другими причинами. Цель геометрической коррекции спутниковых снимков совместно с их географической привязкой может состоять в решении следующих задач:

- измерение расстояний на снимке, что необходимо в различных задачах картографии городов;
- сопоставление снимков одной территории, полученных со спутника на разных витках либо с различных спутников;
- определения географических координат (широты и долготы) объектов, изображенных на снимках;
- возможность синтезировать снимок с другими цифровыми данными об окружающей среде для дальнейшего их анализа.

Для решения перечисленных выше задач требуется перевести изображения в стандартную картографическую проекцию. Этого можно достичь двумя способами.

Первый способ требует задания точного времени сканирования рассматриваемой территории и точного положения спутника на орбите во время сканирования. Время начала сканирования каждой строки определяется по показаниям бортовых часов, которые содержатся в телеметрической информации, поступающей со спутника. Положение спутника на орбите можно рассчитать с помощью известных элементов орбиты по какой-либо численной модели.

Второй способ известен как «метод контрольных точек». На снимке выбираются достаточно хорошо различимые точки (устья, мысы, крутые изгибы русла рек и т.п.) и с помощью карты определяются их географические координаты. После этого осуществляется

аффинное преобразование изображения, приводящее его к новой системе координат.

Применение первого способа позволяет автоматизировать привязку снимков и не зависит от синоптических условий съемки, которые влияют на наличие на обрабатываемых участках надежно идентифицируемых реперных точек. Второй способ позволяет обрабатывать архивные изображения, для которых не известны элементы орбиты.

Рассмотрим второй способ более подробно.

На карте и на снимке находятся одинаковые точки. С помощью полиномиальной аппроксимации устанавливается соответствие между географическими координатами точек нового изображения (x' , y') и координатами на исходном снимке (x , y). Обычно используют полиномы I степени:

$$\begin{aligned}x' &= a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy \\y' &= b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy\end{aligned}$$

или II степени:

$$\begin{aligned}x' &= a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 + a_5 y^2; \\y' &= b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 + b_5 y^2.\end{aligned}$$

Коэффициенты a_0 и b_0 ответственны за сдвиг изображения по осям x и y , члены с коэффициентами a_1 , a_2 , b_1 , b_2 - за линейное изменение масштаба по x и по y , члены с коэффициентами a_3 , b_3 - за вращение изображения, члены с a_4 , a_5 , b_4 , b_5 - за нелинейное изменение масштаба.

Количество точек для линейной аппроксимации (I степени) должно быть не менее трех, для квадратичной (II степени) - не менее шести, для кубической (III степени) - не менее десяти. Однако, на практике желательно, чтобы число точек достигало 15-20 с распределением по всему изображению, что позволяет использовать метод наименьших квадратов для нахождения коэффициентов уравнений.

Проведение геометрической коррекции и географической привязки в ГИС IDRISI

При работе с географическими координатами в ГИС IDRISI чаще других используют проекцию Меркатора. Рассмотрим пример.

Геометрической коррекции подвергался фрагмент снимка¹, полученного с помощью прибора AVHRR американского спутника NOAA 18 августа 1995 года, представленный на рис. 1.1.

¹ Пример взят из учебного пособия В.В.Растоскуева, Е.В.Шалиной «Обработка данных дистанционного зондирования с помощью ГИС IDRISI» версия 1.3, 2002.



Рис. 1.1. Исходный фрагмент спутникового снимка. Ладожское озеро.

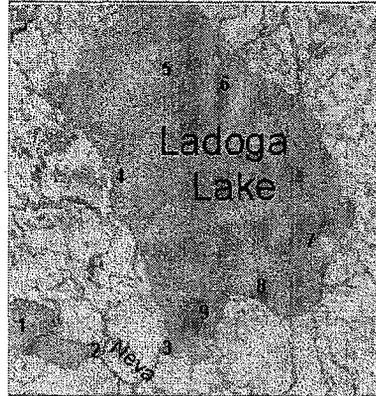


Рис. 1.2. Контрольные точки на цифровой карте.

В качестве контрольных точек были выбраны географические объекты, хорошо различимые на фрагменте снимка и на цифровой карте в проекции Меркатора, представленной на рис. 1.2.

В ГИС IDRISI координаты контрольных точек записываются в специальный файл с расширением .COR (Correspondence File). Его удобно сформировать с помощью меню Data Entry > Edit. Пример корреспондентского файла представлен на рис. 1.3.

IDRISI Text Editor		
Filename: c:\exer\cor\ladoga\lo.cor		
9		
17.96	27.94	29.64 60.04
63.36	26.44	30.30 59.95
116.23	38.91	31.04 59.95
48.89	118.73	30.62 60.83
51.38	173.11	31.03 61.35
98.78	175.60	31.64 61.29
194.56	115.74	32.59 60.51
172.61	83.81	32.08 60.25
141.18	64.85	31.54 60.13
		— Западная оконечность о. Котлин
		— Стрелка Васильевского острова
		— Исток Невы
		— Южная оконечность о. Конвель
		— Юго-вост. оконечность о. Валдай
		— Южная оконечность с. Мантшицедари
		— Мыс Волчий нос (устье Свири)
		— Мыс Воронок
		— Мыс Песочный нос
	координаты на исходном снимке	долгота и широта

Рис. 1.3. Корреспондентский файл

Для геометрической коррекции используется модуль **RESAMPLE**. При выборе пункта меню Reformat > RESAMPLE появляется форма, представленная на рис. 1.4.

RESAMPLE Image Resampling and Geometric Correction

Type of file to be resampled: <input checked="" type="radio"/> Image <input type="radio"/> Vector	Reference system: Latlong	OK Cancel
Input file: s07a01m2	Reference units: Degrees	Здесь определяется единица координатной системы выходного файла
Output file: s07a01m2	Unit distance: 1	Background wall: 255 Здесь определяется цвет фона окна (в данном случае белый)
Correspondence file: avhm-to	Mapping function: <input type="radio"/> Linear <input checked="" type="radio"/> Quadratic <input type="radio"/> Cubic	Resampling type: <input checked="" type="radio"/> Nearest neighbor <input type="radio"/> Bilinear
Minimum X: 29.5	Minimum Y: 59.6	Columns: 300
Maximum X: 33.5	Maximum Y: 61.8	Rows: 300

"левая" и "правая" долготы, ограничивающие фрагмент снимка

"нижняя" и "верхняя" широты, ограничивающие фрагмент снимка

Число колонок и строк в формируемом файле должно соответствовать границам фрагмента, в противном случае выходное изображение будет растянуто по широте или долготе

Рис.1.4. Форма RESAMPLE для геометрической коррекции изображений

В этой форме поле "Resampling type" определяет метод присвоения пикселю в выходном изображении нового значения. В *nearest neighbour* значение самого ближайшего пикселя исходного изображения присваивается пикселю нового изображения - рис.1.5a. Это самый простой метод, который не изменяет первоначальные значения, но в результате некоторые пиксели оказываются сдублированными, а другие потеряны (т.н. «выколотые» точки). Этот метод также может привести к появлению блоковой структуры на выходном изображении. В случае *bilinear* новое значение пикселя получается путем весового усреднения четырех ближайших к нему пикселей в исходном изображении - рис.1.5b. При этом создаются новые значения пикселей в выходном изображении, что может оказаться нежелательным при дальнейшей классификации изображения.

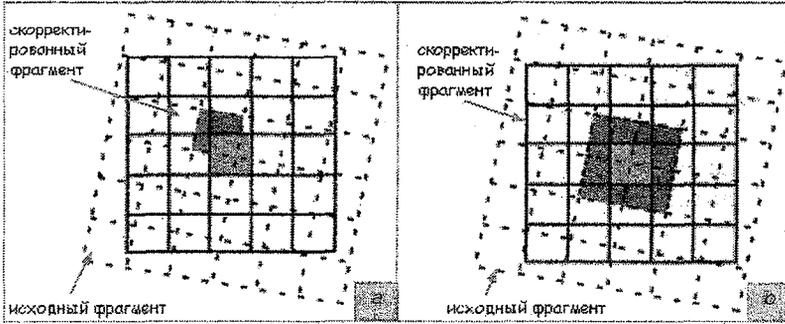


Рис. 1.5. Методы "nearest neighbour" (a) и "bilinear" (b)

После заполнения формы RESAMPLE будет вычислена средняя квадратическая ошибка (RMS) в определении новых координат. Следует так выбирать количество контрольных точек, их расположение и степень аппроксимирующего полинома, чтобы достичь минимума RMS.

Результат географической привязки и геометрической коррекции представлен на рис. 1.6.

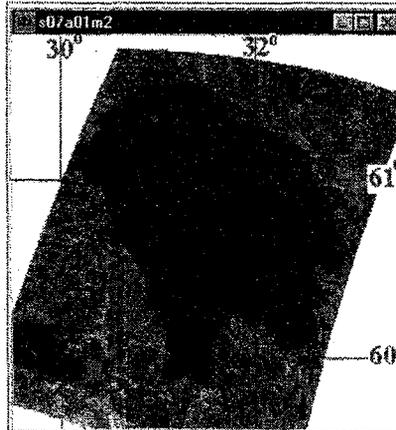


Рис.1.6. Трансформированный снимок прибора AVHRR.

Порядок выполнения работы

1. Из предложенного преподавателем спутникового снимка «вырежьте» фрагмент, содержащий территорию северо-западного региона нашей страны. Для «вырезания» воспользуйтесь моду-

- лем WINDOW (Reformat > WINDOW).
2. Найдите на снимке 6-10 контрольных точек, записывая их координаты x , y , по географической карте определите широты и долготы этих точек. Сформируйте корреспондентский файл с помощью модуля Data Entry > Edit.
 3. Заполните форму модуля RESAMPLE (Reformat > RESAMPLE) и осуществите геометрическую коррекцию фрагмента снимка.
 4. В полученном файле установите верхнюю границу диапазона сигналов (*max. value*) равной аналогичному значению исходного файла с помощью модуля File > Document.
 5. Нанесите на полученное изображение географическую сетку. Для этого в окне *Composer* нажмите клавишу *Properties* и далее *Modify Map Components*. В появившемся окне кликните мышкой на сетку с надписью *Layer Frame*, отметьте опцию *Grid visible* и установите начальные координаты и шаг сетки по долготе и широте.

Задание повышенной трудности

1. Осуществите геометрическую коррекцию и географическую привязку двух фрагментов снимков, полученных с разных витков одного спутника.
2. Создайте векторный файл, содержащий координаты какого-либо природного объекта на первом изображении. Выбранный объект должен быть виден на обоих изображениях, например Ладожское озеро. Запись координат в векторный файл осуществляется при оцифровке контура, которая выполняется следующими кнопками меню:



При нажатии на кнопку *On-screen Digitizing* (первая на рисунке) появляется форма, в которой указываются имя создаваемого векторного файла и тип файла: *Polygon*. После заполнения данной формы курсор меняет свой вид. Точки «проставляются» при нажатии левой кнопки «мыши» в том месте, где в это время находится курсор. Вторая из представленных выше кнопок *Delete digitized feature* позволяет удалить неправильно поставленные точки. Для завершения оцифровки нажмите правую клавишу «мыши» и затем третью кнопку *Save digitized data a disk file*, что сохранит полученные данные в файле.

3. На второе изображение «положите» слой, содержащий береговую линию Ладожского озера. Для этого в окне *Composer* нажмите клавишу *Add Layer* и в появившуюся форму введите имя векторного файла, созданного на предыдущем этапе.

Отчет, выполненный в текстовом редакторе WORD, должен содержать исходный и трансформированный фрагменты спутникового снимка, краткое описание метода геометрической коррекции и географической привязки и анализ полученного изображения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2 АТМОСФЕРНАЯ КОРРЕКЦИЯ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Цель работы

Осуществить атмосферную коррекцию засветки спутникового снимка, вызванную рассеянием солнечного излучения аэрозолями.

Основные теоретические положения

Солнечное излучение, отраженное подстилающей поверхностью, прежде чем достигнет спутника, проходит через атмосферу Земли. Все компоненты атмосферы - атомы, молекулы, частицы и т.п. - взаимодействуют с излучением, т.е. рассеивают или поглощают его. Кроме этого, приборами дистанционного зондирования регистрируется также рассеянное в атмосфере излучение, не взаимодействовавшее с подстилающей поверхностью. Для коррекции изображений с целью исключения влияния атмосферы существует множество методов, начиная с моделирования состояния атмосферы во время сеанса получения снимка и заканчивая относительно простыми вычислениями, основанными исключительно на данных изображения. Так, заметная в видимых каналах сканеров дополнительная засветка, вызванная рассеянием аэрозолями (дым, пыль и др.), может быть скорректирована следующим способом.

Как правило, на всех изображениях земной поверхности присутствуют очень темные объекты (например свободное от облаков озеро А на рис. 2.1а). Отражение от таких объектов при чистой атмосфере несущественно, т.е. пиксели, принадлежащие озеру А, должны иметь практически нулевую яркость. Это легко увидеть на гистограмме изображения, представляющей собой график, по оси абсцисс которого отложены значения яркости (например от 0 до 255), а по оси ординат - частота встречаемости каждого из этих значений

на изображении. Рассеяние в атмосфере приводит к увеличению яркости, гистограмма при этом смещается вправо. На рис. 2.1b гистограмма сместилась на величину B . Коррекция состоит в том, чтобы из всех уровней яркости вычесть величину B .

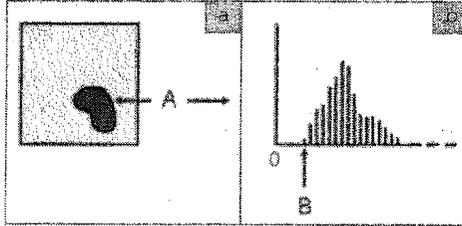


Рис. 2.1 Методика атмосферной коррекции

Проведение атмосферной коррекции с помощью ГИС IDRISI

Формирование изображения, все уровни яркости которого уменьшены на одну и ту же величину, можно осуществить с помощью калькулятора изображений **Image Calculator** (Analysis > Mathematical Operators > Image Calculator). Для этого необходимо заполнить форму, представленную на рис. 2.2.

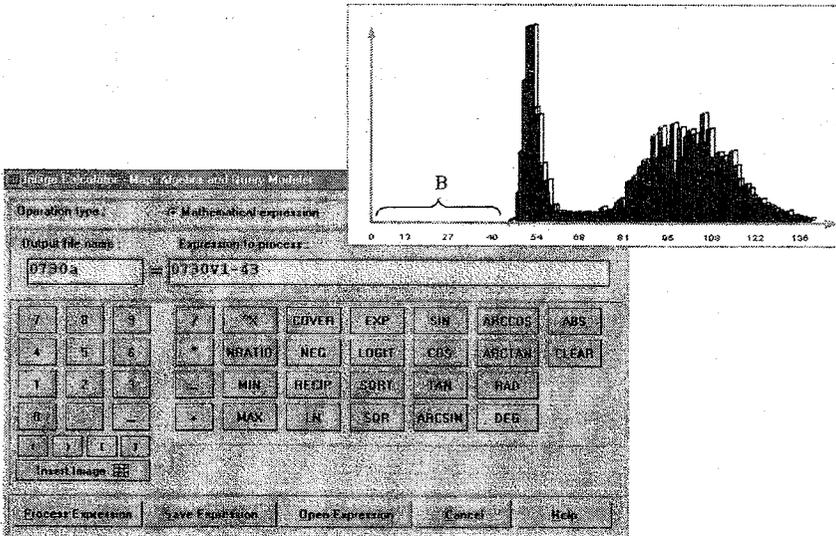


Рис.2.2. Калькулятор изображений и гистограмма уровней яркости при наличии рассеяния в атмосфере

Значение каждого пикселя формируемого файла 0730a.IMG равно значению соответствующего пикселя файла 0730v1.IMG, уменьшенного на величину 43.

Порядок выполнения работы

1. Проанализируйте предложенный преподавателем спутниковый снимок видимого диапазона. Постройте гистограмму распределения яркости этого снимка, используя модуль ГИС IDRISI Histo.
2. Определите по гистограмме величину сдвига B .
3. Произведите вычитание величины B из всех значений яркости исходного изображения с помощью модуля Image Calculator.
4. Сравните исходное и результирующее изображение.

Отчет должен содержать краткое описание метода атмосферной коррекции, исходный и полученный после осуществления атмосферной коррекции фрагменты спутникового снимка, гистограммы яркостей этих фрагментов, сравнительный анализ изображений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3 ПОДАВЛЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ШУМА НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Цель работы

Освоить методику локальной фильтрации спутниковых снимков с целью уменьшения видимости импульсных помех. Приобрести практические навыки по осуществлению локальной фильтрации с помощью пакета ГИС IDRISI.

Основные теоретические положения

Реальные изображения наряду с полезной информацией содержат различные помехи, вызванные шумом датчика, ошибками при передаче данных, при квантовании сигнала и другими причинами. Одним из наиболее распространенных способов борьбы с импульсными помехами, появляющимися на изображении в виде разрозненных точек, является локальная фильтрация. Алгоритмы локальной фильтрации основаны на последовательном просмотре изображения окном заданной формы и выполнении определенных действий над пикселями, попадающими в это окно. Схематично процесс последовательного прохождения прямоугольного окна размером 3×3 пикселя по изображению показан на рис. 3.1.

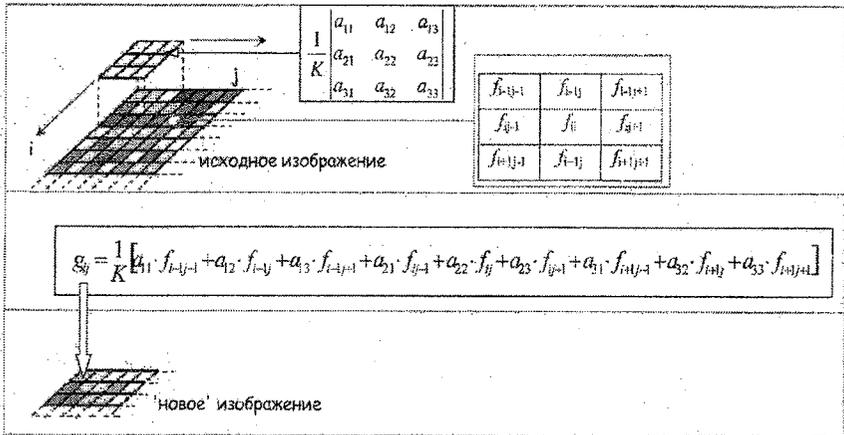


Рис. 3.1 Методика локальной фильтрации растрового изображения

Каждому элементу окна соответствует число, называемое весовым множителем. Весовые множители имеют несколько особенностей. Во-первых, они положительны. Во-вторых, веса удовлетворяют условию пространственной инвариантности: $a_{11} = a_{13} = a_{31} = a_{33}$; $a_{12} = a_{21} = a_{23} = a_{32}$, и в-третьих, веса нормируются таким образом, чтобы их сумма равнялась единице, что обеспечивает правильное воспроизведение средней яркости изображения. Обработка заключается в перемножении весовых множителей с соответствующими значениями яркостей исходного изображения и суммированием полученных результатов. Рассчитанное значение присваивается пикселю "отфильтрованного" изображения, который соответствует центральному элементу окна.

На рис. 3.2 показан пример обработки фрагмента спутникового снимка двумя фильтрами: линейным усредняющим и медианным. В обоих случаях использовались девятиэлементные окна. Рис. 3.3 демонстрирует эффективность сглаживания яркости вдоль строки изображения. Анализ полученных в результате обработки указанными фильтрами изображений выявил наряду с устранением (полным или частичным) помех размывание границ объектов. Причем медианный фильтр обеспечил как лучшую степень подавления помех, так и большую сохранность контуров на изображении.

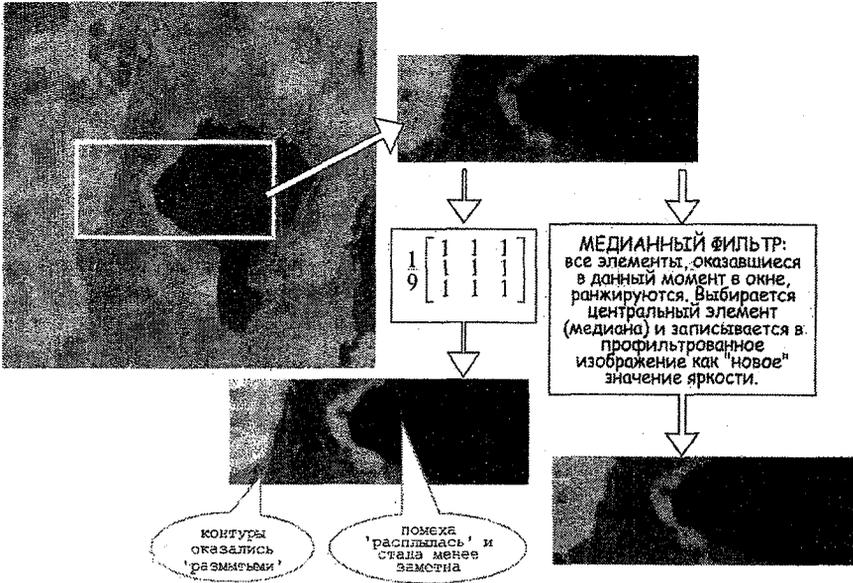


Рис. 3.2 Обработка фрагмента двумя фильтрами

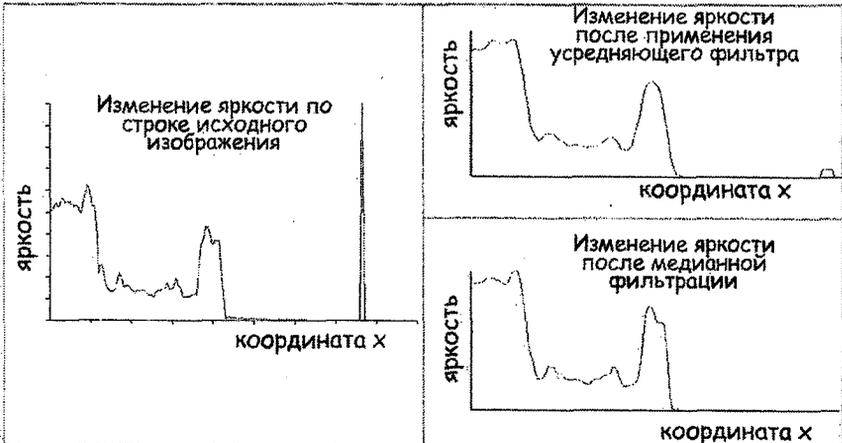


Рис. 3.3. Профиль яркости вдоль строки исходного фрагмента и после применения сглаживающих фильтров.

Подавление импульсных помех в ГИС IDRISI

Для подавления импульсного шума в ГИС IDRISI используется модуль **FILTER** (Analisys > Context Operators > FILTER), для запуска которого необходимо заполнить форму, представленную на рис. 3.4.

The screenshot shows the 'FILTER' dialog box in IDRISI. The 'Type of filter' section includes radio buttons for Mean, Gaussian, Median, Adaptive Box (selected), Mode, Laplacian Edge Enhancement, High Pass, Sobel Edge Detector, User defined (3 x 3 kernel), and User def. (variable size kernel). The 'Input image' field contains 'spot21t' and the 'Output image' field contains 'spot21fa'. The 'Threshold standard deviation' is set to 1.5 and the 'Threshold difference' is set to 48. The 'Filter size' section has radio buttons for 3 x 3 (selected), 5 x 5, and 7 x 7. The 'Value units' field is empty. The 'Title' field contains 'HRV ch. 1. Filtering: Adaptive Box'. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are visible in the top right corner.

Рис.3.4. Форма для задания условий модуля FILTER

В этой форме подготовлено задание на запуск алгоритма *Adaptive Box*. Данный алгоритм работает следующим образом. Сканирование изображения осуществляется окном, размер которого задает пользователь (*Filter Size*). На каждом шаге сканирования проверяется совместное выполнение двух условий:

1) значение центрального пикселя окна оказывается вне интервала $\langle \text{средняя яркость элементов в окне} \pm \text{СКО} \rangle$, где СКО - среднеквадратическое отклонение, введенное пользователем (*Threshold standard deviation*). При этом среднеквадратическое отклонение рассчитывается не для всего изображения, а лишь для значений, попавших в окно.

2) разность между значением центрального пикселя и средней яркостью окружающих его элементов в окне превышает порог (*Threshold difference*), введенный пользователем.

Если оба условия выполняются, центральному элементу будет присвоено новое значение - среднее тех значений в окне, которые

попадают в интервал $\langle \text{среднее} \pm \text{СКО} \rangle$.

В противном случае значение яркости центрального пикселя не изменится.

Значение *Threshold difference* может быть найдено либо по гистограмме, либо с помощью инструмента *Cursor inquiry mode*, вызываемого кнопкой:



После активизации данной кнопки любое нажатие мышкой на элемент снимка будет сопровождаться указанием значения яркости этого пикселя в нижней строке экрана. Определив значения яркости помехи и фона, вычислите их разность. Это и будет *Threshold difference*.

Порядок выполнения работы

1. Исходным материалом для работы является предложенный преподавателем спутниковый снимок. С помощью модуля WINDOW "вырежьте" из спутникового снимка фрагмент, на котором присутствуют помехи.
2. С помощью модуля **PROFILE** (Analisys > Change/Time Series > PROFILE) постройте профиль изменения яркости вдоль направления, проходящего через несколько различных объектов (облачность, воду, сушу). Методика построения профиля показана на рис. 3.5.
3. Выполните фильтрацию фрагмента усредняющим фильтром *Mean* для трех размеров окна (*Filter Size*): 3x3, 5x5, 7x7.
4. Выполните фильтрацию фрагмента медианным фильтром *Median* для двух размеров окна: 3x3 и 5x5. Сделайте 2-3 итерации медианным фильтром.
5. Выполните фильтрацию фрагмента с помощью *Adaptive Vox*. Сделайте 2-3 итерации фильтром *Adaptive Vox*.
6. После обработки каждым фильтром постройте профили яркости полученных изображений для одного и того же направления, сравните их с исходным профилем.
7. Сделайте вывод, какой, по Вашему мнению, наилучший алгоритм с точки зрения подавления шума и сохранения контуров и резких перепадов яркости на снимке.

379992

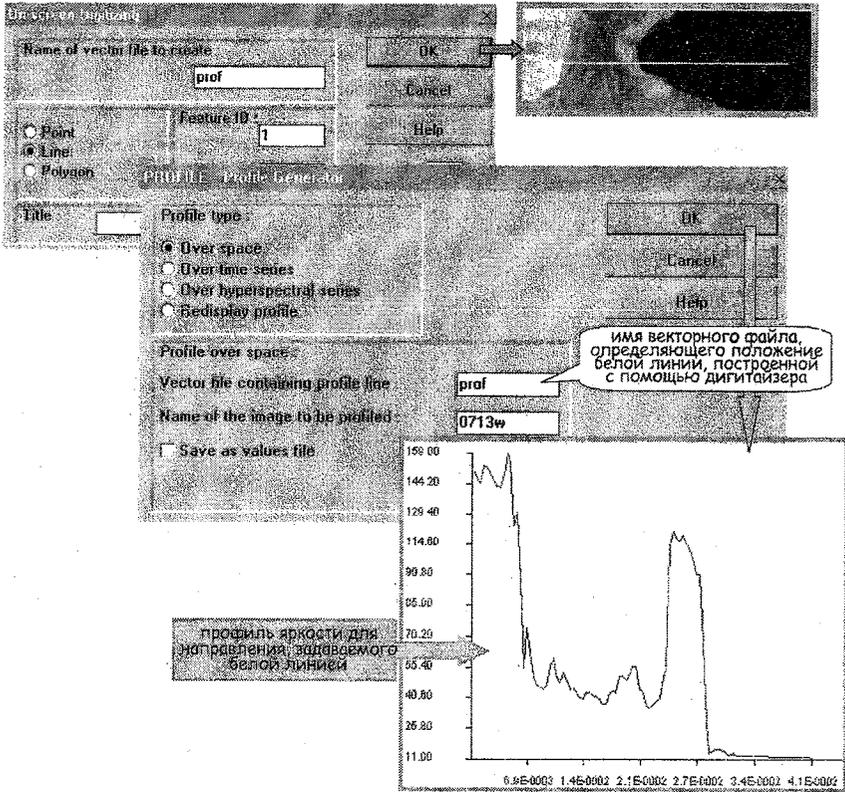


Рис. 3.5. Методика построения профиля яркости

Отчет должен содержать исходное и обработанные изображения, профили яркости, описание принципа действия фильтров, сравнительный анализ полученных изображений (устранены ли импульсные помехи; сглажены ли границы объектов, присутствующих на изображении; изменилась ли средняя яркость протяженных объектов).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 СЕГМЕНТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ С ПОМОЩЬЮ ЯРКОСТНОГО ПОРОГА

Цель работы

Приобрести практические навыки по осуществлению пороговой сегментации спутниковых снимков.

Основные теоретические положения

Пороговая сегментация состоит в простом объединении близких по характеристикам областей изображения в небольшое число сегментов на основе задания пороговых значений яркости. На рис. 4.1 представлена типичная гистограмма распределения яркости на спутниковом снимке низкого разрешения видимого диапазона. Она имеет три достаточно четко выраженные моды: одна соответствует более темному фону - водной поверхности, другая - средне-серым тонам - подстилающей поверхности, третья - объектам с самой высокой яркостью, т.е. снегу/льду или облачности. Между модами заметна резкая зона минимума. Посередине таких зон обычно выбирают пороги для осуществления сегментации.

Методика сегментации заключается в следующем. Анализируется значение каждого пикселя изображения. Если яркость пикселя меньше порога Π_1 (на рис. 4.1), то пиксель относят в первый сегмент, если яркость пикселя оказывается в интервале от Π_1 до Π_2 - во второй сегмент, а если превышает порог Π_2 - в третий.

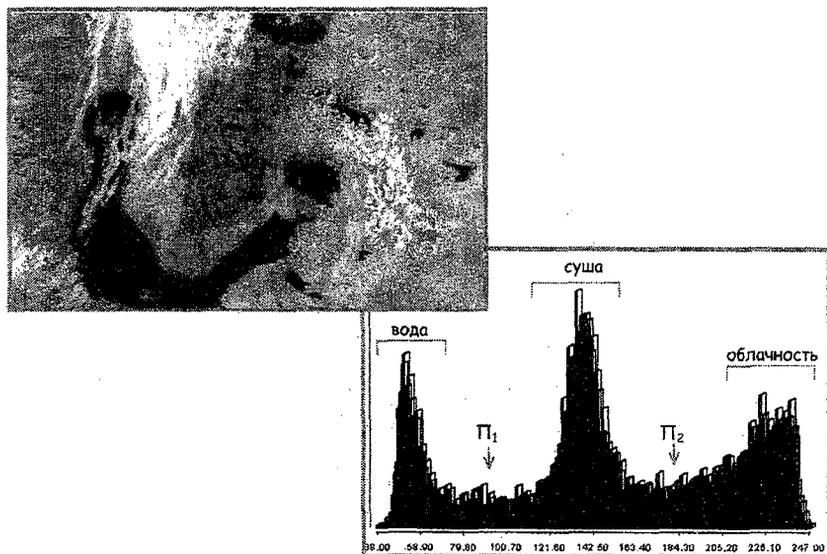


Рис. 4.1 Фрагмент спутникового снимка и его гистограмма

Пороговая сегментация в ГИС IDRISI

Осуществить пороговую сегментацию в ГИС IDRISI можно с помощью модуля **RECLASS** (пункт меню *Analisis > Database Query > RECLASS*), форма которого представлена на рис. 4.2. В форме предписывается на основе файла *w29-2.IMG* сформировать файл *w29-2r3.IMG*, заменив пиксели исходного файла со значением яркости от 0 до 90 нулем, пиксели с яркостями от 91 до 181 - единицей, а от 182 до 255 - двойкой.

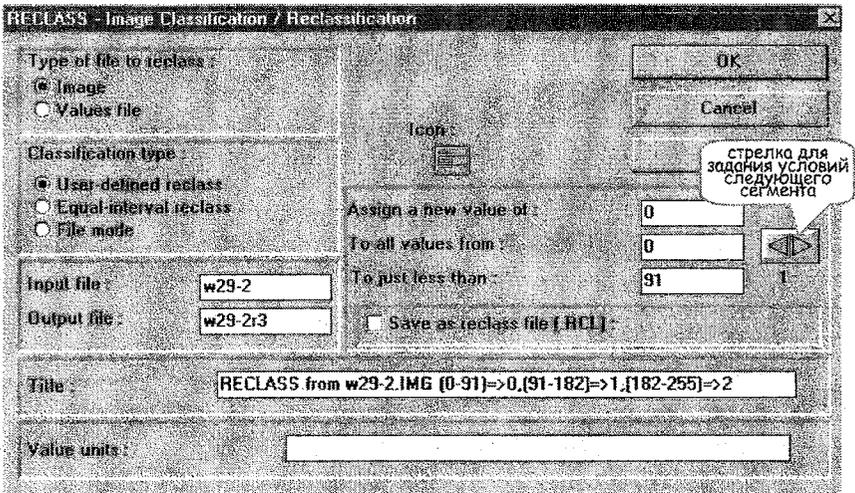


Рис. 4.2 Форма модуля RECLASS

После запуска формы на рис. 4.2 модуль RECLASS сформирует изображение, представленное на рис. 4.3. Пиксели этого изображения имеют три значения яркости:

- 0 - водные объекты (черный цвет на рис. 4.3),
- 1 - суша (синий цвет),
- 2 - облачность (желтый цвет).



Рис. 4.3 Результат сегментации снимка, выполненной с помощью модуля RECLASS

Порядок выполнения работы

На фрагменте спутникового снимка требуется выделить один объект - облачность на фоне подстилающей поверхности. Для этого:

1. По фрагменту изображения постройте гистограмму распределения яркостей с помощью модуля Histo.
2. Выберите порог - значение яркости, выше которого все пиксели принадлежат облачности.
3. С помощью модуля RECLASS (Analysis > Database Query > RECLASS) сформируйте бинарный файл, который состоит из двух классов:

0 - не облачность;

1 — облачность.

Полученное изображение удобно просмотреть с палитрой qual16.

4. Вычислите площадь, занятую облачностью, для чего воспользуйтесь модулем AREA (Analysis > Database Query > AREA).

Отчет должен содержать исходное и бинарное изображения, значения пороговой яркости и площади облачности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5 ПОДЧЕРКИВАНИЕ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ И ВЫДЕЛЕНИЕ КОНТУРОВ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ

Цель работы

Освоить методику локальной фильтрации спутниковых снимков

с целью подчеркивания границ объектов и выделения контуров.

Основные теоретические положения

При визуальном анализе спутниковых изображений бывает необходимо подчеркнуть и обострить контуры или увеличить резкость границ природных объектов с различными отражательными способностями. На таких границах происходит сильное изменение яркости, как показано на рис. 5.1а. Иначе говоря, скорость изменения яркости (производная функции яркости) максимальна, что демонстрирует рис. 5.1б.

Для решения подобных задач можно использовать методы локальной фильтрации. С физической точки зрения такие фильтры представляют собой фильтры верхних частот: они выделяют «высокочастотные» составляющие изображения, ответственные за перепады яркости, и контуры. В отличие от шумоподавляющей «низкочастотной» фильтрации, маски «высокочастотной» фильтрации имеют следующие особенности. Во-первых, маска содержит как положительные весовые элементы (в центре), так и отрицательные. Во-вторых, сумма всех весов в маске равна нулю или единице.

Когда сканирующее окно перемещается по области с большими изменениями яркости пикселей, «новое» значение элементов изображения многократно увеличивается. При сканировании области постоянной интенсивности, пиксели либо остаются неизменными, если сумма весов в маске равна единице, либо становятся черными, если сумма весов равна нулю.

Наиболее известны фильтры Превитта, Собеля, Кирша, имеющие соответственно следующие маски:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{vmatrix}$$

Последовательным поворотом весовых коэффициентов каждой маски на 90° можно получить наборы масок, аппроксимирующих частные производные в соответствующих направлениях.

Маски фильтров Лапласа представлены ниже.

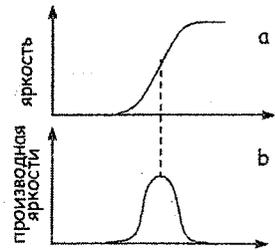


Рис. 5.1 а) изменение яркости при переходе от фона к объекту; б) скорость изменения яркости

$$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{vmatrix}$$

Первая из этих масок учитывает вторые производные яркости в направлении осей, вторая маска учитывает как осевые, так и диагональные направления, а третья получается путем усреднения трех горизонтальных и трех вертикальных вторых производных.

При использовании «курсовых» масок усиление контраста на границах объектов зависит от ориентации границ. Название курса указывает на направление склона перепада яркости, при котором маска дает максимальный эффект. Например, восточная градиентная маска усиливает изменение яркости в горизонтальном направлении слева направо.

<i>Север</i>	<i>Северо-восток</i>	<i>Восток</i>	<i>Юго-восток</i>
$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$
<i>Юг</i>	<i>Юго-запад</i>	<i>Запад</i>	<i>Северо-запад</i>
$\begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$

Неприятное свойство рассмотренных фильтров - подчеркивание шума из-за усиления высоких пространственных частот. Поэтому эффективное применение таких методов возможно лишь в случае, когда шум на изображении незначителен.

Подчеркивание границ объектов и выделение контуров с помощью ГИС IDRISI

Для осуществления высокочастотной локальной фильтрации в ГИС IDRISI используется тот же модуль FILTER (Analysis > Context Operators > FILTER), как и для подавления помех. В модуле реализованы следующие алгоритмы "High Pass Filter", "Sobel Edge Detector" и "Laplacian Edge Enhancement". Представление о таких фильтрах дает рис. 5.2, на котором показан результат применения процедуры «High Pass Filter».

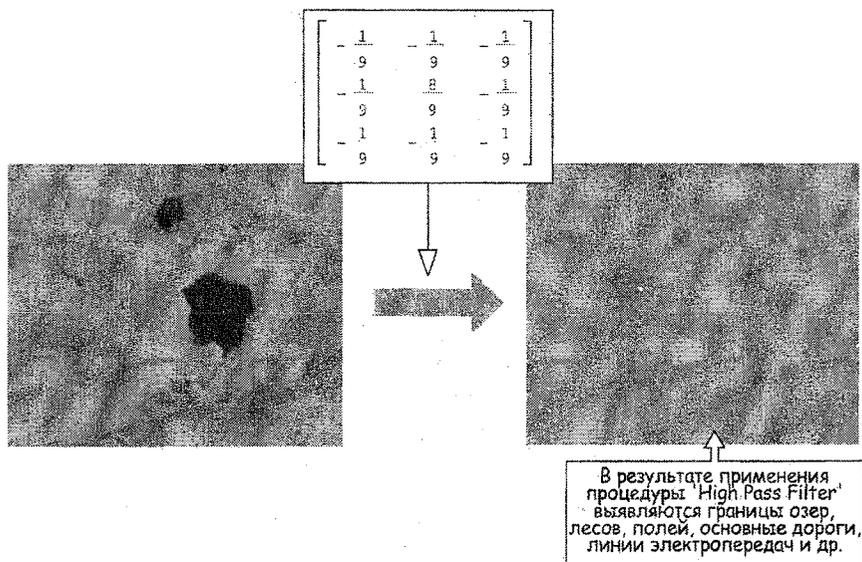


Рис. 5.2 Фильтрация исходного фрагмента с помощью алгоритма *High Pass Filter*

Порядок выполнения работы

1. Осуществите высокочастотную локальную фильтрацию с помощью модуля FILTER (Analysis > Context Operators > FILTER). Примените алгоритмы "*High Pass Filter*", "*Sobel Edge Detector*" и "*Laplacian Edge Enhancement*" к исходному изображению и к бинарному изображению (полученному модулем RECLASS).
2. Выберите согласно Вашему варианту фильтр из нижеприведенной табл. 5.1 и обработайте данным фильтром оба изображения, используя опцию "*user defined (3x3 kernel)*". Проанализируйте полученные изображения.
3. Используя модуль PROFIL (Analysis > Change/Time Series > PROFILE), постройте изменение сигнала вдоль профиля и сравните этот профиль с аналогичными, построенными ранее при фильтрации шумов.
4. Используя модуль TEXTURE (Analysis > Image Processing > Transformations > TEXTURE), опцию "Edge Analysis", выберите «курсовую» маску в соответствии с номером Вашего варианта (табл. 5.1) и примените ее к бинарному изображению. Определите направление границ, которые выделены наиболее ярко.

Выбор фильтров по вариантам

№ варианта	Название фильтра	Веса маски	"Курсовая" маска
1	Лапласа I	0 -1 0 -1 4 -1 0 -1 0	Северная
2	Лапласа II	-1 -1 -1 -1 8 -1 -1 -1 -1	Северо-восточная
3	Лапласа III	1 -2 1 -2 4 -2 1 -2 1	Восточная
4	Превитта	1 1 1 0 0 0 -1 -1 -1	Юго-восточная
5	Собеля	1 2 1 0 0 0 -1 -2 -1	Южная
6	Кирша	5 5 5 -3 0 -3 -3 -3 -3	Юго-западная
7	подчеркивания контуров I	0 -1 0 -1 5 -1 0 -1 0	Западная
8	подчеркивания контуров II	-1 -1 -1 -1 9 -1 -1 -1 -1	Северо-западная

Задание повышенной трудности

Реализуйте в ГИС IDRISI метод обострения границ, основанный на усилении эффекта Маха, известного из свойств зрения. Суть данного эффекта заключается в том, что вблизи границы перепада яркостей наблюдатель видит темные и светлые контуры. Поэтому добавление контуров вокруг объектов на изображении вызывает субъективное увеличение резкости границы. Значения яркости пикселей в "новом" изображении формируются по следующей формуле

$$g_{ij} = f_{ij} + K [4f_{ij} - f_{i-1j} - f_{i+1j} - f_{ij-1} - f_{ij+1}]$$

где g_{ij} - "новое" значение яркости пикселя,

f_{ij} - исходное значение яркости пикселя,

K - коэффициент подчеркивания, примите равным 4.

Отчет должен содержать исходный и обработанные фрагменты спутникового снимка, их сравнительный анализ, профили яркости фрагментов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6 ПОВЫШЕНИЕ КОНТРАСТА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Цель работы

Освоить методику повышения контраста спутниковых снимков, получить навыки по реализации различных методов контрастирования в пакете ГИС IDRISI.

Основные теоретические положения

Возможности визуальной интерпретации спутниковых снимков зависят прежде всего от их контраста. Контраст изображения определяется следующей формулой:

$$C = (f_{\max} - f_{\min}) / f_{\max}$$

где f_{\max} - максимальное значение яркости, присутствующее на изображении,

f_{\min} - минимальное значение яркости.

Если диапазон значений яркости, используемых в изображении, является лишь частью возможного диапазона значений (256 значений при 8-ми битовом кодировании сигнала), то контраст между объектами на снимке и фоном будет слабый. Цифровая обработка позволяет увеличить диапазон яркостей, тем самым повысить контраст.

Есть множество различных методов повышения контраста. Рассмотрим два из них.

Линейная растяжка гистограммы (stretch).

По гистограмме, представленной в качестве примера на рис. 6.1, видно, что минимальный уровень яркости, имеющийся на изображении, равен 84, а максимальный - 153. Интервал в 70 уровней занимает меньше трети полного диапазона из 256 значений. Метод линейной растяжки присваивает пикселям исходного изображения новые значения по формуле:

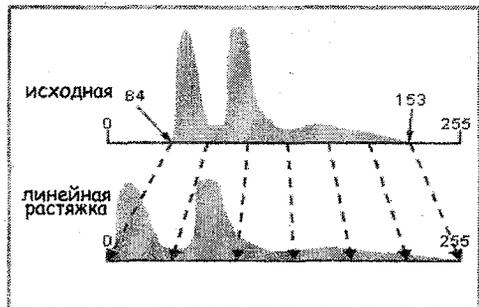


Рис. 6.1 Методика линейной растяжки гистограммы

$$f_{\text{new}} = a + b f_{\text{old}} \quad (6.1)$$

где f_{old} - старое значение яркости пикселя,

f_{new} - новое значение,
 a, b - коэффициенты.

Для рис. 6.1 получим систему

$$\begin{aligned} 0 &= a + b \cdot 84 \\ 255 &= a + b \cdot 153. \end{aligned}$$

Отсюда найдем значения коэффициентов $a = -310.435$, $b = 3.696$.

Используя уравнение (6.1) с найденными коэффициентами, преобразуем все оставшиеся значения с тем, чтобы охватить весь возможный интервал изменения яркости. При этом контраст существенно повысится, области светлых тонов будут выглядеть светлее, темные объекты - темнее, что облегчит анализ изображения.

Частным случаем линейной растяжки является метод «контрастирующей лупы», который позволяет выделить лишь небольшую часть диапазона яркостей исходного изображения и растянуть его на весь возможный динамический диапазон, увеличивая, таким образом, контраст деталей, занимающих выделенную часть диапазона. Подобно тому, как обычная лупа позволяет по очереди просматривать мелкие детали на изображении, увеличивая их до необходимого размера, «контрастирующая лупа» позволяет по очереди просматривать мелкоконтрастные детали, расположенные в различных участках динамического диапазона, которые вследствие малого контраста оставались бы для наблюдателя невидимыми. Например, имеется изображение русла реки, причем яркости пикселей, принадлежащих воде, имеют значения от 40 до 76. Если исследователю требуется детальное рассмотрение изображения воды, в частности возможность видеть изменения в выпавшем осадке, в этом случае целесообразно растянуть только небольшую часть гистограммы, соответствующую воде (от 40 до 76), до полного диапазона (от 0 до 255). Всем пикселям, значения которых ниже или равны 40, будет присвоен 0, пиксели, значения которых выше или равны 76, станут равными 255, эти области будут потеряны. Однако, контраст воды станет заметно выше.

Эквализация (Histogram Equalization). Этот метод целесообразно использовать, когда диапазон яркостей исходного изображения распределен не однородно, как показано на рис. 6.2. Метод «Histogram Equalization» позволяет выравнять гистограмму, т.е. формирует новое изображение, в котором все уровни яркости приобретают одинаковую частоту. Для этого пикселям, значения которых встречаются в изображении наиболее часто, присваивается большее количество уровней, - соответствующие области становятся более контрастны-

ми, в то время как нескольким редко встречающимся пикселям присваивается одно значение.

Необходимо понимать, что исходная цветовая гамма изображения при «растягивании» его гистограммы искажается, поэтому многие методы обработки (например методы классификации) становятся непригодными. Одно из

важных применений контрастных изображений заключается в их использовании при визуальном дешифрировании.

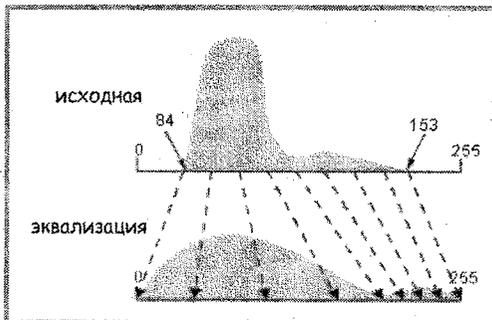


Рис. 6.2 Методика эквализации

Повышение контраста изображения с помощью ГИС IDRISI

Методы преобразования гистограммы для повышения контраста изображения реализованы в модуле **STRETCH** (пункт меню *Display > STRETCH*). Пример заполнения формы для запуска модуля **STRETCH** показан на рис. 6.3.

Как видно из рисунка, растягивание диапазона сигналов возможно в трех режимах: "*Linear*", "*Histogram Equalization*" и "*Linear with Saturation*". Первый режим осуществляет линейную "растяжку" гистограммы, второй - эквализацию гистограммы, а третий режим - линейную "растяжку" с возможностью задания процента насыщения. Данный параметр определяет, какой процент сигналов исходного изображения будет заменен максимальным и минимальным значениями. Варьируя значение процента насыщения, можно растягивать диапазон сигналов в необходимой области и в желаемой степени.

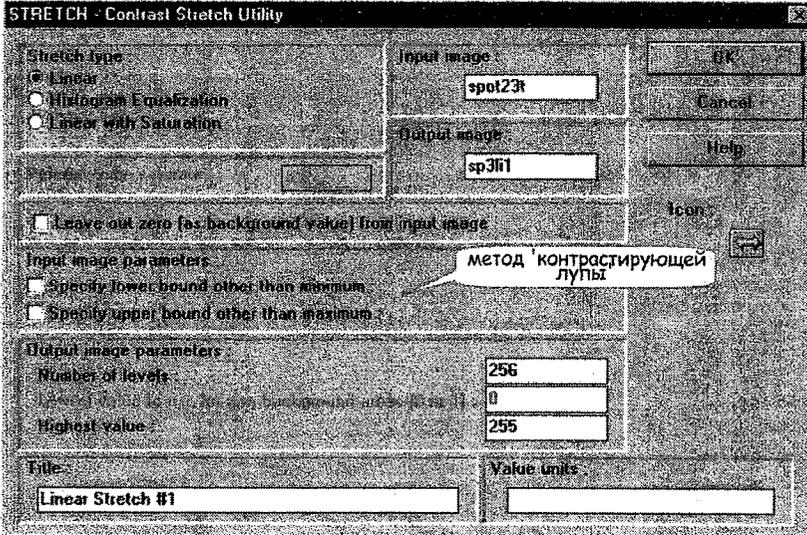


Рис. 6.3 Форма для задания условий модуля STRETCH

Работу модуля STRETCH демонстрирует рис. 6.4. Здесь слева приведен исходный фрагмент снимка радиометра AVHRR (спутник NOAA) и гистограмма, построенная по этому снимку, справа - результат обработки в режиме «*Linear*» и гистограмма полученного изображения. Заметно усиление контраста между сигналами, относящимися к облачности и подстилающей поверхности, а также между пикселями суши и водной поверхностью.

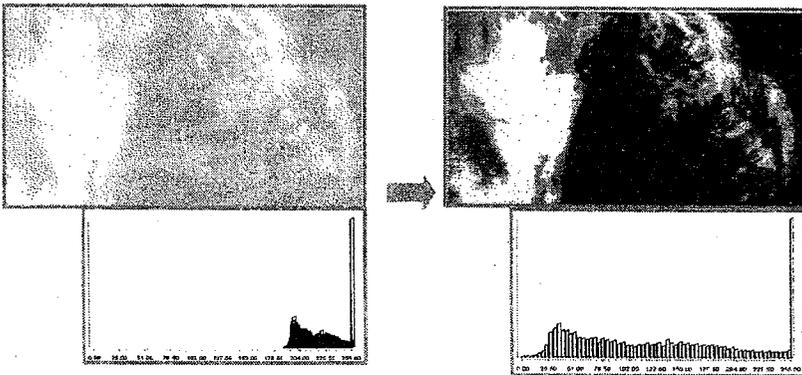


Рис. 6.4. Исходный фрагмент и результат его обработки модулем STRETCH в режиме «*Linear*»

Порядок выполнения работы

1. Выполните визуальный анализ предложенных преподавателем спутниковых снимков. Качественно и количественно оцените их контраст. Наибольшее и наименьшее значение яркости, присутствующее в изображении (max. value, min. value соответственно), можно узнать либо по гистограмме этого изображения, либо по файлу документации с помощью модуля **Describe** (File > Describe).
2. Постройте гистограмму каждого снимка. Произведите анализ гистограммы: определите области, в которых сосредоточено большинство сигналов; каким природным объектам, по Вашему мнению, соответствуют эти яркости; каких яркостей на снимке нет.
3. Выполните повышение контраста изображения тремя способами с помощью модуля **STRETCH** (Display > **STRETCH**):
 - Linear
 - Histogram Equalization
 - Linear with Saturation

Два последних режима не пригодны для использования с данными типа *integer* и *real*. При необходимости измените тип данных с помощью модуля **CONVERT** (Reformat > **CONVERT**).

В режиме «Linear with Saturation» установите процент насыщения (Percent to be saturated) равным 2.5 %.

4. Сравните полученные результаты.

Задание повышенной трудности

1. Разбейте весь диапазон яркостей на пять частей и примените метод "контрастирующей лупы" последовательно к каждой части. Рассмотрите подробно объекты, имеющие яркость соответствующего диапазона, и опишите их.

2. Выполните растягивание диапазона сигналов в режиме «Linear with Saturation», используя процент насыщения 1 %, 2.5 % и 5 %. Сравните полученные изображения.

Отчет должен содержать исходный и полученные в результате обработки фрагменты спутникового снимка, гистограммы яркостей этих фрагментов, анализ изменения контраста изображений, краткое описание используемых методов контрастирования.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7 СИНТЕЗ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Цель работы

Освоить методику получения синтезированных изображений.

Основные теоретические положения

При наличии материалов многозональной съемки можно повысить информативность результирующего изображения путем объединения нескольких спектральных зон. Каждый вариант такого синтеза содержит несколько отличную информацию о снятых объектах. На одном луче выделяются дороги и сооружения, на другом - водные объекты, на третьем - подробности распределения растительности. Поэтому материалы многозональной съемки - ценнейший источник, например, для составления тематических карт.

Пример получения синтезированного изображения в ложных цветах из трех исходных фрагментов спутниковых снимков, полученных в следующих диапазонах электромагнитного спектра: 0.50 - 0.59 мкм (зеленый), 0.60 - 0.68 мкм (красный) и 0.79 - 0.89 мкм (ближний инфракрасный), показан на рис. 7.1.

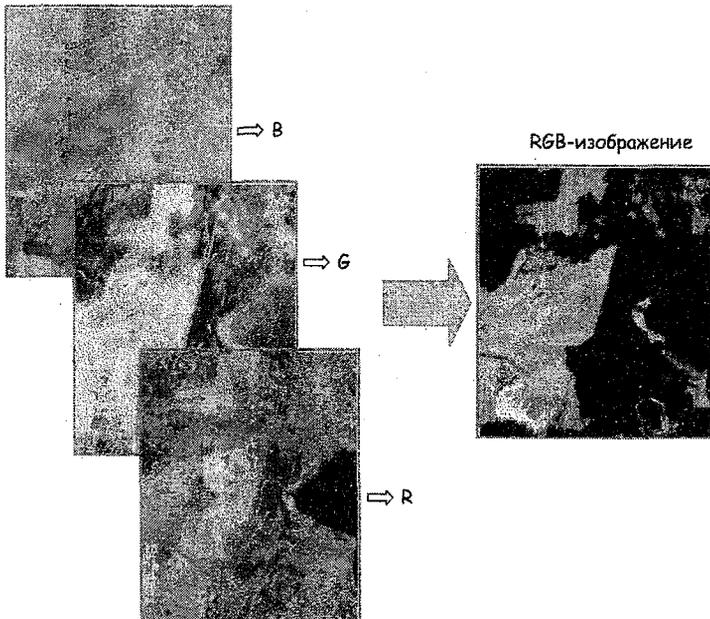


Рис. 7.1 Синтезирование изображений

Следующие синтезированные изображения, представленные на рис. 7.2 *a* и *b*, позволяют проследить за динамикой радиационного тумана. Цвет тумана на изображениях меняется от ярко-желтого (в 4 часа 34 мин.) до светло-коричневого (в 5 час. 52 мин.). Этот факт говорит о процессе рассеивания тумана: поскольку туман становится тоньше, его отражаемость уменьшается, то есть уменьшается вклад в RGB-изображение первого (красного) и, особенно, второго (зеленого) каналов.



Рис. 7.2. Радиационный туман над Балтийским морем на снимках 05.09.1999 г. Синтез 3-х каналов спутника NOAA (0.58 - 0.68 мкм, 0.725 - 1.00 мкм, 10.3 - 11.3 мкм). *a* - 04.34 UTC, *b* - 05.52 UTC.

Синтезированные RGB- изображения позволяют обнаружить туман даже при наличии облаков среднего и верхнего яруса, так как в просветах этих облаков желтые области тумана хорошо заметны.

Получение синтезированного изображения с помощью ГИС IDRISI

Один из способов объединения информации нескольких спектральных каналов основан на использовании модуля **COMPOSIT** (Display>COMPOSIT). Форма, подготовленная для запуска этого модуля, представлена на рис. 7.3.

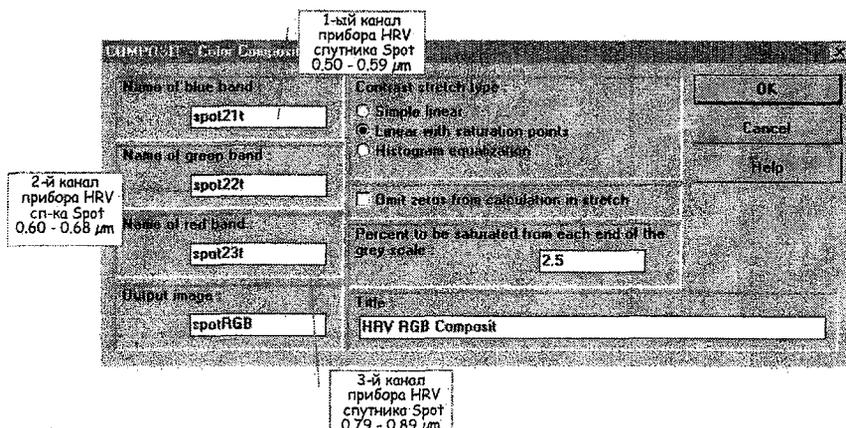


Рис. 7.3 Форма модуля COMPOSIT

В этой форме, при объединении информации трех спектральных каналов, используется растяжение диапазона сигналов в режиме «*Linear with Saturation*» с процентом насыщения (*Percent to be saturated*), равным 2.5 % для каждой границы диапазона сигналов.

Результат работы модуля COMPOSIT определяется формулой:

$$\text{RGB} = \text{blue} + (\text{green} * 6) + (\text{red} * 36), \quad (7.1)$$

которая не имеет непосредственного отношения к спектральным свойствам каналов. Поэтому, можно использовать любые сочетания спектральных каналов, добиваясь максимального эффекта.

Перспективность объединения информации нескольких спектральных каналов подтверждает анализ гистограммы синтезированного изображения, представленной на рис. 7.4.

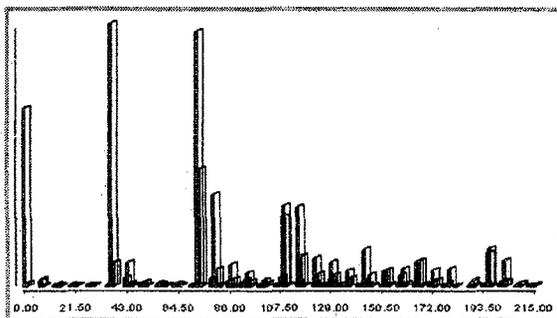


Рис. 7.4. Гистограмма синтезированного изображения spotRGB.IMG

Как видно из гистограммы на рис. 7.4, сигналы в синтезированном изображении распадаются на отдельные группы. Это обстоятельство существенно облегчает применение функций типа RECLASS.

Порядок выполнения работы

1. В качестве исходных данных используйте предложенные преподавателем спутниковые снимки в трех спектральных диапазонах. Создайте синтезированное изображение с помощью модуля COMPOSIT. Просмотрите результат с палитрой composit.SMP.
2. Создайте синтезированное изображение, поменяв порядок следования спектральных каналов. Сравните полученные изображения.

Задание повышенной трудности

Выполните синтез тех же изображений «вручную», т.е. не пользуясь модулем COMPOSIT. Для этого последовательно разбейте диапазон сигналов каждого из трех изображений на 6 интервалов. Это удобно сделать модулем STRETCH, установив число интервалов (*Number of levels*) равное 6, наименьшее и наибольшее значения 0 и 5 соответственно. Затем в калькуляторе изображений (*Image Calculator*) задайте формулу (7.1). Просмотрите результат с палитрой composit.SMP и сравните его с изображением, полученным модулем COMPOSIT.

Отчет должен содержать исходные снимки в трех спектральных диапазонах, созданные синтезированные изображения и их сравнительный анализ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ОБУЧЕНИЕМ

Цель работы

Познакомиться с методами классификации изображений с обучением, получить практические навыки по реализации этих методов в ГИС IDRISI.

Основные теоретические положения

Эффективной процедурой выделения на спутниковом изображении природных объектов разных типов является классификация с обучением, которая заключается в следующем (рис. 8.1). Пользователь идентифицирует на изображениях площадки заведомо известных типов поверхностей. Эти образцы составляют обучающую выборку. Далее компьютерная программа анализирует все пиксели в пределах обучающих выборок для создания спектрального портрета (сигнатуры) каждого класса объектов и классифицирует все изображение попиксельно, сравнивая со всеми портретами, относя пиксели к наиболее близким классам по тому или иному решающему правилу. В качестве решающих правил классификации могут использоваться методы максимального правдоподобия, минимальных расстояний, параллелепипедов и др.

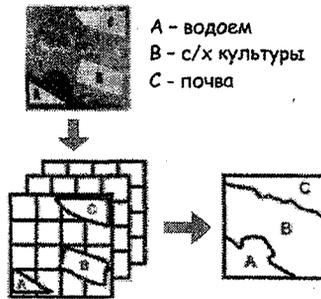


Рис. 8.1 Методика классификации с обучением

Метод максимального правдоподобия.

Пусть f_{ij} — вектор измерений, описывающий яркость (i,j) -го пикселя в спектральном канале. Априорная вероятность того, что эта реализация относится к классу с номером k , есть $p(C_k)$; она считается заданной самой постановкой задачи. Например, для лесных территорий бывает известен процент площади, занятой лиственными и хвойными породами, для сельскохозяйственных угодий априорные вероятности можно оценить по архивным записям площадей посевов за предыдущие годы. Необходимо отнести неизвестный наблюдаемый объект f_{ij} к одному из известных классов C_k . Предполагая, что функцию распределения вероятностей $P(f_{ij}/C_k)$ каждого класса C_k можно представить нормальной функцией плотности, мы получаем возможность описать классы с помощью их математических ожи-

даний и ковариационных матриц. Поэтому по обучающим выборкам компьютер вычисляет математические ожидания и ковариационные матрицы для каждого класса. Далее производится обработка спутникового изображения. В каждом классе оцениваются условные плотности вероятностей $P(f_{ij}/C_k)$.

Решение об отнесении пикселя к классу k принимается при выполнении следующего условия

$$P(f_{ij}/C_k) p(C_k) > P(f_{ij}/C_j) p(C_j), j \neq k$$

Например, требуется получить классификацию области, состоящую из растительности, почвы и воды. Для каждого пикселя определяются условные плотности вероятностей $P(X/\text{растительность})$, $P(X/\text{почва})$ и $P(X/\text{вода})$.

Пусть наземные наблюдения показали, что 60 % области составляет растительность, 20 % - почва и 20 % - вода, т.е. априорные вероятности классов будут выглядеть так

$$p(C_1) = p(\text{растительность}) = 0,60$$

$$p(C_2) = p(\text{почва}) = 0,20$$

$$p(C_3) = p(\text{вода}) = 0,20$$

Очередной пиксель изображения будет принадлежность к классу, имеющему наибольшее значение произведения:

$$P(X/\text{растительность}) 0,60 \text{ либо } P(X/\text{почва}) 0,20 \text{ либо}$$

$$P(X/\text{вода}) 0,20.$$

Метод минимальных расстояний предполагает сравнение расстояний между пикселями и средними значениями классов. При этом считается, что пиксель относится к тому классу, для которого меньше значение r_k^2 , вычисляемое по формуле

$$r_k^2 = \sum_{m=1}^n (f_{ijm} - \bar{\mu}_{mk})^2 \quad (8.1)$$

или

$$r_k^2 = \frac{\sum_{m=1}^n (f_{ijm} - \bar{\mu}_{mk})^2}{\bar{\sigma}_{mk}^2} \quad (8.2)$$

где f_{ijm} — вектор измерений в канале m ,

$\bar{\mu}_{mk}$ — вектор средних значений яркости класса k ,

m — номер спектрального канала,

n — общее число каналов.

В формуле (8.2) используется расстояние, нормированное по среднеквадратическому отклонению.

Метод параллелепипедов предполагает формирование для каждого класса параллелепипедов, в двумерном случае — прямоугольников. Для их построения используются данные, рассчитанные по сигнатурам классов в процессе обучения. Очередной пиксель будет отнесен к конкретному классу, если значение пикселя попало в соответствующий прямоугольник. Построение прямоугольников можно осуществить двумя способами.

Первый способ использует данные о минимальных и максимальных яркостях в классах, рассчитанных по соответствующим сигнатурам. Рис. 8.2а демонстрирует построение прямоугольников в случае использования двух спектральных каналов. По оси ординат отложены значения яркости в 1-м канале, по оси абсцисс — во 2-м канале. Указав на осях минимальные и максимальные яркости f_{11min} , f_{11max} , f_{12min} , f_{12max} для двух классов в 1-м канале и f_{21min} , f_{21max} , f_{22min} , f_{22max} — во 2-м канале, получим два искомых прямоугольника, описывающих распределения яркости в двух классах.

Второй способ использует известное свойство нормально распределенной случайной величины: 95,4 % ее значений лежат в пределах отклонений от среднего значения, меньших 2σ . Поэтому на осях (рис. 8.2б) отмечаются средние значения яркости μ_{11} и μ_{12} для первого и второго классов в 1-м канале, μ_{21} и μ_{22} для первого и второго классов во 2-м канале. От этих значений в обе стороны откладываются удвоенные значения среднеквадратических отклонений σ_{11} , σ_{12} , σ_{21} , σ_{22} для первого и второго классов в каждом из каналов.

Прямоугольники могут частично перекрываться, соответствующие пиксели остаются нерасклассифицированными.

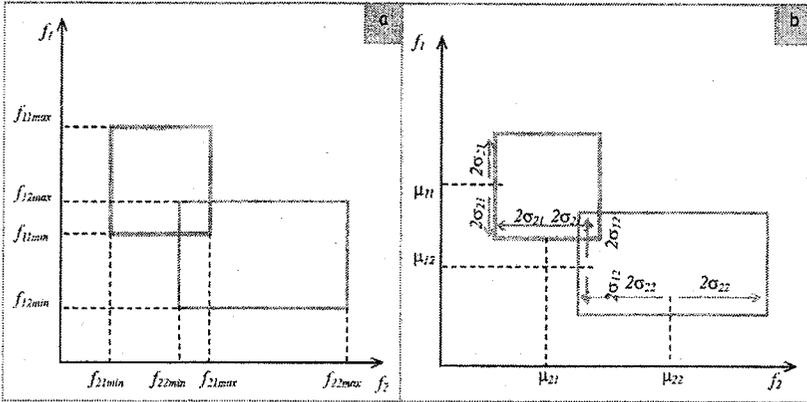


Рис. 8.2 Метод параллелепипедов для случая двух спектральных компонент

Метод параллелепипедов относится к числу быстрых методов классификации, однако по качеству распознавания он проигрывает методам, рассмотренным ранее. Метод параллелепипедов целесообразно использовать для предварительной классификации.

Проведение классификации спутниковых снимков в ГИС IDRISI

На первом этапе необходимо выбрать участки-эталон, которые составят обучающую выборку. Если при классификации используются данные n каналов, теоретически минимальное число обучающих полигонов для класса равно $n + 1$. На практике, однако, необходимо иметь по крайней мере $10n$ обучающих полигонов, чтобы получить хорошие оценки параметров классов.

На рис. 8.3. приведен пример задания участков-эталон с помощью географической карты для района поселка Токсово.

Было выбрано три класса участков-эталон: озера (Lakes), леса (Forests), поля (Fields). Для каждого класса создано по 12 полигонов. На рис. 8.3 синие полигоны (1) принадлежат озерам, темнозеленые полигоны (2) — лесам, а красные (3) — полям. Границы полигонов 'оцифрованы' дигитайзером и описаны в векторном файле class.VEC.

Создание спектральных сигнатур участков-эталон осуществляется модулем MAKESIG (Analysis > Image Processing > Signature Development > MAKESIG). Для запуска модуля MAKESIG необходимо заполнить формы, представленные на рис. 8.4.

В результате работы модуля MAKESIG будут созданы три пары сигнатурных файлов с именами Lakes, Forests, Fields и расширениями .SIG и .SPF.

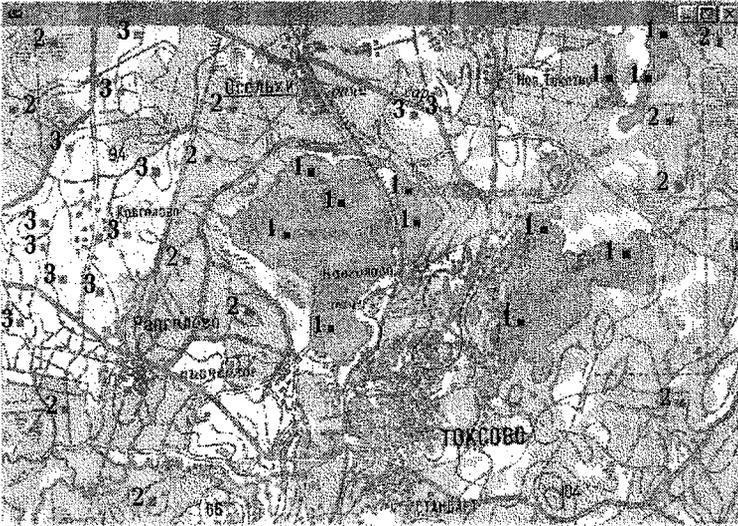


Рис. 8.3 Создание обучающей выборки с помощью географической карты

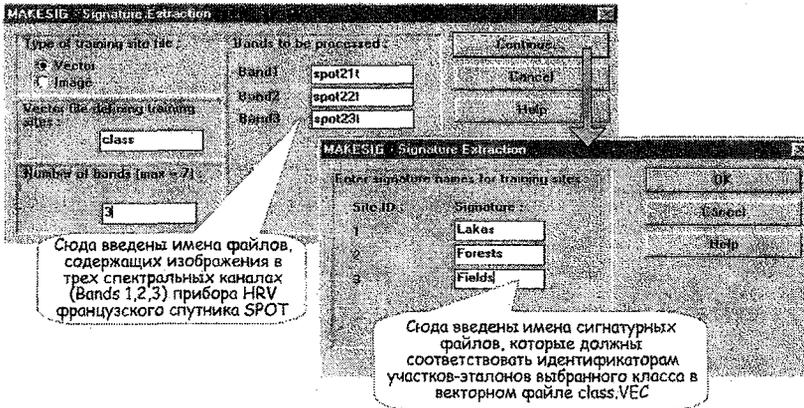


Рис. 8.4. Создание спектральных сигнатур участков-стандонов

Наличие сигнатурных файлов дает возможность запустить модули, обеспечивающие проведение классификации. На рис. 8.5 показан запуск одного из таких модулей – MAXLIKE (Analysis > Image Processing > Hard Classifiers > MAXLIKE), обеспечивающего классификацию с обучением на основе принципа максимального правдоподобия.

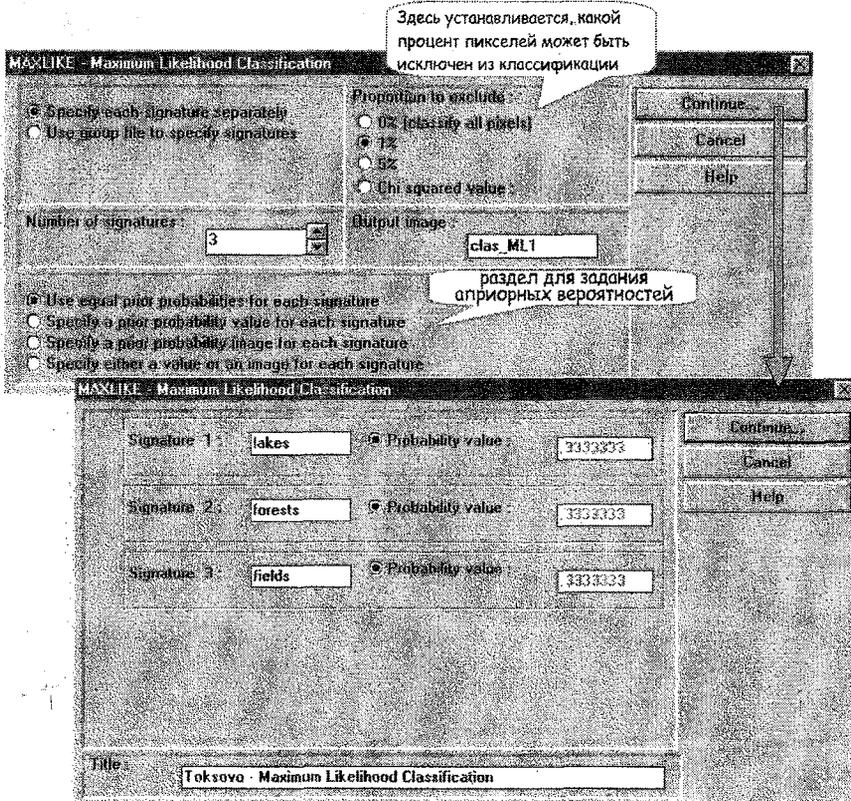


Рис. 8.5. Формы для задания условий модуля MAXLIKE

В нижний раздел первой формы на рис. 8.5 нужно ввести информацию об априорных вероятностях для каждого класса. По умолчанию выбрана опция, по которой все классы будут иметь равные вероятности. Вторая опция позволяет задать априорные вероятности для каждого класса. Например, если известно, что 42 % области изображения принадлежит конкретному типу поверхности, априорная вероятность этого класса - 0,42. Выбор третьей опции осуществляется в

том случае, если для всех классов имеются изображения, значение каждого пикселя в которых представляет собой априорную вероятность. Эффективность задания вероятностей таким способом можно показать на следующем примере. Предполагается, что область, которая была занята лесом, постепенно замещается жилой застройкой. Вероятность застройки весьма высока вблизи дорог и мала вдали от них. Такую ситуацию удобно отобразить изображением, где каждый пиксель задает значение априорной вероятности от 0 до 1. Последняя опция позволяет определить априорные вероятности либо значением, либо изображением.

Когда обе формы рис. 8.5 заполнены, в заключение пользователю будет представлен список спектральных каналов, которые можно использовать при классификации. Есть возможность исключить любой канал из обработки.

Результат классификации спутникового изображения по методу максимального правдоподобия показан на рис. 8.6.



Рис. 8.6. Результат классификации по методу максимального правдоподобия

На рис. 8.6. нерасклассифицированными оказался 1% всех пиксел. Эти пиксели показаны черным цветом. Очевидно, они относятся к жилой или промышленной застройке, к дорогам и т.п. Кроме того, нерасклассифицированными остались пиксели, попадающие на границы природных объектов - озер, полей и лесов.

Порядок выполнения работы

1. В качестве исходных материалов для работы используйте спутниковые снимки в различных диапазонах электромагнитного спектра и топографическую карту в "бумажном" либо электронном виде.
2. Найдите на снимках области-классы, уверенно дешифрируемые с помощью топографической карты. Определите положение участков-эталонов, оцифруйте их дигитайзером. При формировании полигонов в форме *On-screen Digitizing* задавайте номер класса, к которому относится полигон, с помощью идентификатора *Feature ID*: 1, 2 и т.д.
3. Создайте сигнатуры модулем MAKESIG (Analysis > Image Processing > Signature Development > MAKESIG).
4. Осуществите классификацию изображения методом максимального правдоподобия с помощью модуля MAXLIKE (Analysis > Image Processing > Hard Classifiers > MAXLIKE).
5. Осуществите классификацию изображения методом минимальных расстояний с помощью модуля MINDIST (Analysis > Image Processing > Hard Classifiers > MINDIST).
6. Осуществите классификацию изображения методом параллелипедов с помощью модуля PIPED (Analysis > Image Processing > Hard Classifiers > PIPED).
7. Проанализируйте полученные результаты.

Отчет должен содержать краткое описание использовавшегося метода классификации, исходное и полученные изображения, анализ результатов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9 КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Цель работы

Получить практические навыки по реализации метода кластерного анализа в ГИС IDRISI.

Основные теоретические положения

Кластерный анализ позволяет выявить естественную структуру данных и может проводиться при полном отсутствии априорной информации об имеющихся классах. Метод кластерного анализа представляет собой обобщение пороговой сегментации. Кластерами на-

зывают совокупности пикселей, в чем-то схожие между собой (по яркости, текстуре и т.п.). Алгоритм кластеризации производит спектральный анализ исходного многозонального изображения, распределяя все пиксели в кластеры по их яркостным характеристикам, что позволяет выделять на снимке растительность, открытые почвы, водоемы, облака, а также некоторые особенности территории, например, увлажнение, степень продуктивности почв, литологический состав пород и т.д. (рис. 9.1).

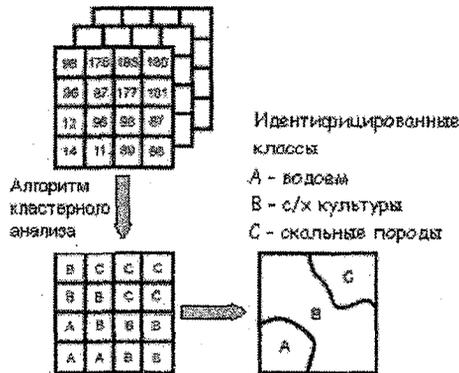


Рис. 9.1. Методика кластерного анализа

Кластеры формируются так, чтобы в каждом из них расстояние между отдельными пикселями было минимальным, а расстояния между пикселями, относящимися к различным кластерам, были как можно больше. Наиболее распространенной мерой расстояния между точками является евклидово расстояние, вычисление которого в двухмерном пространстве эквивалентно вычислению гипотенузы треугольника по теореме Пифагора.

При использовании многоспектральных спутниковых данных совокупность значений яркости (i,j) -го пикселя изображения в различных каналах можно записать в виде вектора f_{ij} . Тогда евклидово расстояние между векторами f_{ij} и f_{kmn} рассчитывается по следующей формуле:

$$r_E = \sqrt{\sum_k (f_{kij} - f_{kmn})^2}$$

где $\{f_{kij}\}, \{f_{kmn}\}$ - компоненты векторов f_{ij} и f_{mn} ,

k - номер спектрального канала.

Процедура кластеризации часто основывается на оптимизации какого-либо показателя качества, например, на критерии минимума суммы квадратов ошибки:

$$\varepsilon = \sum_{k=1}^K \sum_{f \in C_k} \|f_k - \mu_k\|$$

где K - число кластеров,
 C_k - набор пикселей, принадлежащих k -му кластеру,
 μ_k - вектор математического ожидания для k -го кластера,

$\|f_k - \mu_k\|$ - евклидово расстояние между f_k и μ_k .

Другими словами, ε - это совокупное расстояние между каждым пикселем и математическим ожиданием кластера, к которому данный пиксель приписан. Таким образом, при минимизации ε в качестве критерия кластеризации стремятся отнести пиксели к кластерам так, чтобы кластеры имели наиболее возможную "плотность".

Кластерный алгоритм работает в несколько итераций. В течение первой итерации пространство равномерно разбивается на кластеры, центром каждого из которых являются средние значения кластеров. Количество кластеров задается пользователем.

Пиксели анализируются с левого верхнего угла изображения к нижнему правому. Вычисляется евклидово расстояние между пикселем и средним значением кластера. Пиксели назначаются в тот кластер, где это расстояние минимально. При этом назначенные центры кластеров смещаются, т.к. их средние значения меняются в зависимости от преобладающих яркостей попавших в них пикселей. Находится средний квадрат ошибки ε . В процессе второй итерации снова определяются минимальные расстояния между точками и новыми средними значениями кластеров. В результате этого пиксели снова перераспределяются. Такие пересчеты повторяются до тех пор, пока величина ε не перестанет заметно уменьшаться.

Выделенные кластеры анализируются пользователем, в результате чего несколько кластеров могут быть объединены в один, либо один кластер разделен на более мелкие. Заключительный этап - идентификация полученных кластеров.

Выполнение кластерного анализа в ГИС IDRISI

В ГИС IDRISI два модуля для классификации без обучения - CLUSTER и ISOCLUST, в которых реализуются методы кластерного анализа.

Для запуска модуля CLUSTER (Analisys > Image Processing > Hard Classifiers > CLUSTER) необходимо заполнить форму, представленную на рис. 9.2.

Рис. 9.2. Форма для задания условий модуля CLUSTER

При проведении кластерного анализа необходимо использовать синтезированное изображение, полученное с помощью модуля COMPOSIT. В форме на рис. 9.2 - это файл spotRGB.IMG. Для выходного файла clas_clu.IMG допускается, чтобы 1% пикселей не был отнесен к какому-либо кластеру, и не ограничивается число кластеров. Результат классификации изображения модулем CLUSTER представлен на рис. 9.3.

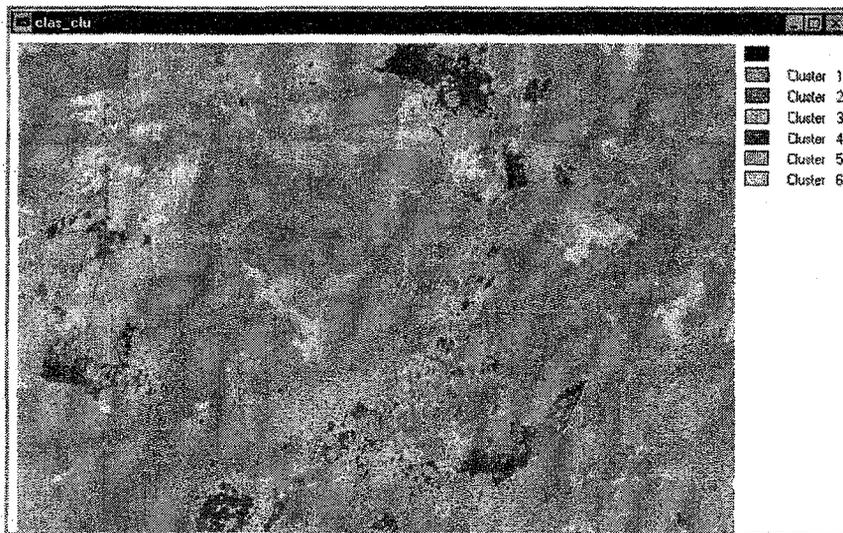


Рис. 9.3. Результат классификации методом кластерного анализа с использованием модуля CLUSTER

Анализ полученного изображения и его сравнение с географической картой позволил отождествить кластеры со следующими объектами:

Кластер 1 — лес

Кластер 2 — лес и озера

Кластер 3 — миксели: лес + поля + застройка

Кластер 4 — застройка

Кластер 5 — поля

Кластер 6 — поля

В результате лес и озера оказались в одном кластере (№2), очень велика площадь смешанных пикселей - микселей (№3), поля разбиты на два кластера (№5 и №6).

Лучшие результаты классификации данного изображения можно получить, если при заполнении формы на рис. 9.2 выбрать режим (*Generalization level*) «*Fine*» и установить максимальное число кластеров равным 12.

Применение другого модуля кластерного анализа **ISOCLUST** (Analisis > Image Processing > Hard Classifiers > Isoclust) требует заполнения форм, представленных на рис. 9.4.

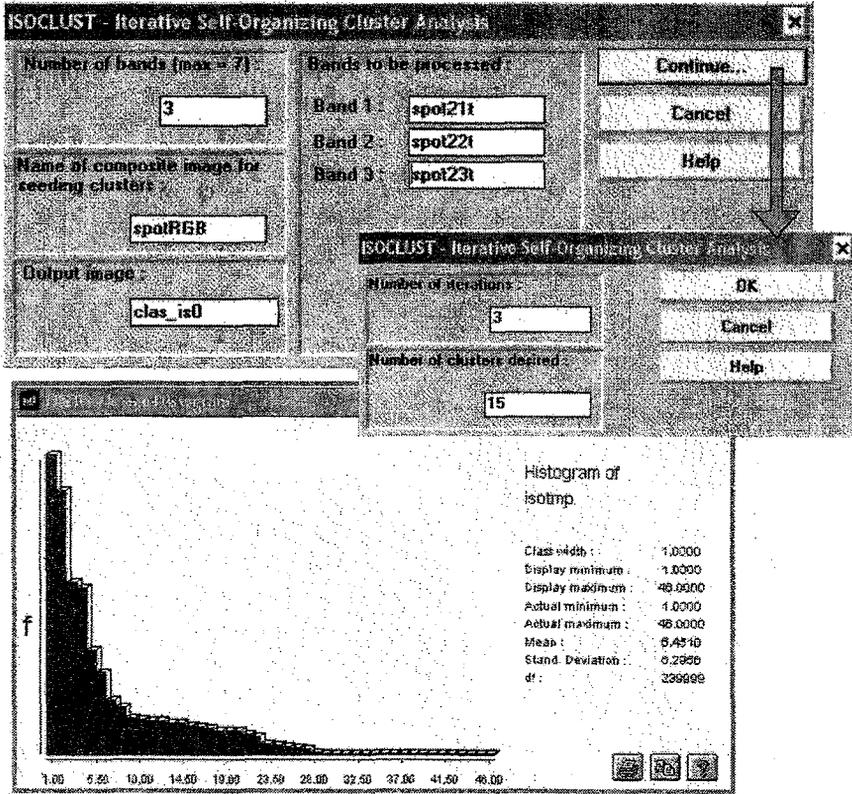


Рис. 9.4. Формы и гистограмма для задания условий модуля ISOCLUST

В первой форме на рис. 9.4 задается число спектральных каналов и имена файлов .IMG, содержащих соответствующую информацию. Кроме того, также как и при использовании модуля CLUSTER, задается имя синтезированного файла spotRGB.IMG, полученного с помощью модуля COMPOSIT. После нажатия на кнопку «Continue...» появляется следующая форма и гистограмма, помогающая выбрать число кластеров. По гистограмме рис. 9.4 видно, что подавляющее число пикселей изображения spotRGB.IMG могут быть отнесены к 15 кластерам.

Получившийся результат применения модуля ISOCLUST представлен на рис. 9.5.

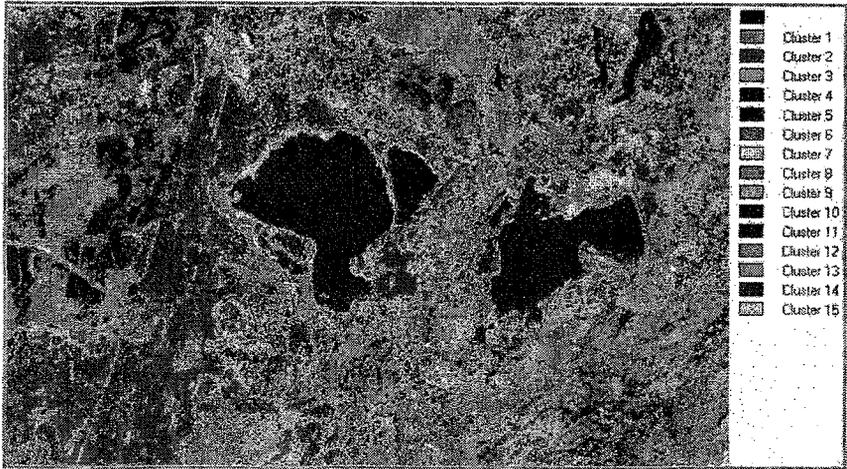


Рис. 9.5. Результат классификации методом кластерного анализа с использованием модуля ISOCLUST

Следует отметить, что в отличие от методов классификации с обучением, для которых основная сложность заключается в формировании обучающей выборки, для методов классификации без обучения наиболее трудную задачу представляет выбор числа кластеров и отождествление получившихся кластеров с природными объектами. При задании небольшого числа кластеров увеличивается вероятность ложного отнесения пикселя к какому-то кластеру, а при большом числе кластеров существенно усложняется процедура их идентификации.

Порядок выполнения работы

1. В качестве исходного изображения для проведения кластерного анализа с помощью модуля CLUSTER используйте синтезированное изображение, полученное в лабораторной работе №7. Запустите модуль CLUSTER (Analysis > Image Processing > Hard Classifiers > CLUSTER), выбрав опцию, оставляющую 1 % пикселей нерасклассифицированными. Опишите полученное изображение. Сравните его с географической картой и идентифицируйте кластеры.
2. Осуществите кластерный анализ модулем CLUSTER повторно, задав конкретное число кластеров. Начинать целесообразно с задания небольшого количества кластеров для облегчения их дальнейшей идентификации.
3. В качестве исходных изображений для модуля ISOCLUST исполь-

зуйте спутниковые снимки в трех спектральных каналах и синтезированное из них изображение. Проведите кластерный анализ модулем ISOCLUST (Analisis > Image Processing > Hard Classifiers > ISOCLUST), варьируя количество итераций и число кластеров. Сравните получающиеся при этом изображения.

Отчет должен содержать исходные спутниковые снимки и изображения, классифицированные модулями CLUSTER и ISOCLUST, сравнительный анализ полученных изображений, таблицу кластеров и отождествленных с ними объектов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10 ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Цель работы

Познакомиться с методом главных компонент, получить практические навыки по реализации данного метода в ГИС IDRISI.

Основные теоретические положения

Метод главных компонент (МГК) используется как эффективный инструмент анализа данных. Он позволяет обнаружить основные закономерности в изображениях, выявляя и подавляя помеховые сигналы. Кроме того, МГК - это способ свертывания информации, когда одно изображение заменяет 3 или 4 исходных. Объем данных при этом уменьшается, а их информативность увеличивается. Изображения, полученные с помощью МГК, дополняют друг друга и обычно легче поддаются интерпретации, чем первоначальные данные.

Анализ изображений, полученных мультиспектральными сканерами, зачастую показывает высокую степень корреляции между различными диапазонами, т.е. изображения содержат подобную информацию. Например, каналы 0.5-0.6 мкм и 0.7-0.8 мкм, имеющиеся на многих сканерах, дают примерно одинаковые значения яркости для различных типов поверхностей, так как отражаемость данных поверхностей в этих каналах практически равна. МГК сокращает количество снимков данного участка поверхности в разных спектральных каналах до минимума, несущего основную информацию, или позволяет найти один снимок, в наибольшей степени представляющий все семейство снимков. «Новые» каналы, которые образуются в результате статистической обработки, называются ком-

понентами. Например, данные семи каналов сканера *TM* американского спутника *LANDSAT* могут быть преобразованы так, что три основных компоненты будут содержать 90 % информации, которая имела в исходных данных — рис. 10.1.

Уменьшение числа каналов позволяет кроме сокращения объема данных и улучшения методов распознавания, еще и адекватно представить эти данные на экране монитора компьютера, присвоив главные компоненты условным трем *RGB*- каналам и сформировав из них синтезированное изображение.

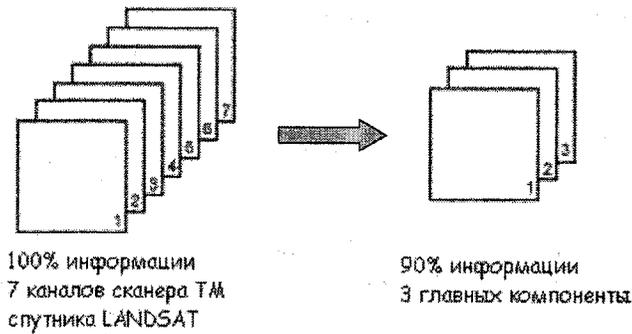


Рис. 10.1. Сокращение объема данных с помощью МГК

Процесс обработки данных МГК можно пояснить на примере распределения яркостей пикселей в двухканальном спутниковом изображении. На рис. 10.2 показано распределение их значений на плоскости. Координатные оси соответствуют яркостям пикселей в каждом канале. Если данные в обоих каналах взаимосвязаны, то итоговое распределение имеет характерную форму эллипса.

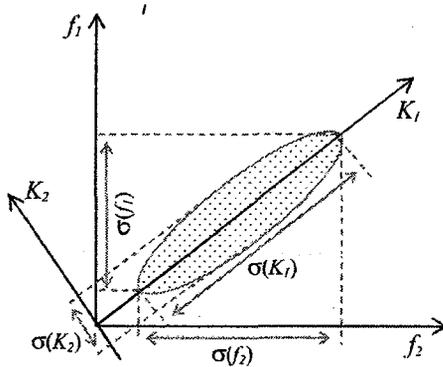


Рис. 10.2. Геометрическая интерпретация МГК:
 f_1, f_2 — исходные яркости пикселей в 1-м и 2-м каналах; $\sigma(f_1), \sigma(f_2)$ — их стандартные отклонения; K_1, K_2 — главные компоненты; $\sigma(K_1), \sigma(K_2)$ — их стандартные отклонения

Задача МГК состоит в том, чтобы определить направление главной (самой длинной) оси эллипса. Эта ось называется первой главной компонентой. Вдоль нее яркости пикселей будут иметь наибольший диапазон изменчивости. Направление первой главной компоненты — это первый собственный вектор, а ее длина — первое (максимальное) собственное число. На рис. 10.2 легко видеть, что первое собственное число будет всегда больше, чем дисперсии измерений в исходных каналах, так как гипотенуза прямоугольного треугольника всегда длиннее любого из его катетов.

Вторая главная компонента соответствует второй оси эллипса. В вероятностном смысле она описывает наибольший разброс данных измерений, которые не учитывает (из-за ортогональности) первая главная компонента. В общем случае в n измерениях имеются n основных компонент. Каждая последующая главная компонента:

- является самой длинной из оставшихся осью эллипса и ортогональна к предыдущим компонентам в n -мерном пространстве системы координат.

- ее длина количественно соответствует дисперсии оставшейся (неучтенной предыдущими основными компонентами) изменчивости данных.

Анализ последних главных компонент, после устранения влияния предыдущих, может выявить очень тонкие детали изображения, которые были затенены высоким контрастом в первоначальном снимке. В ряде случаев обратное преобразование изображения, обработанного МГК, в исходное после удаления последних главных компо-

нент позволяет снизить уровень шума в данных, так как зачастую последние компоненты и содержат помехи.

Осуществление МГК в ГИС IDRISI

Метод главных компонент (*Principal Components Analysis*) запускается модулем PCA (Analysis > Image Processing > Transformations > PCA). Форма этого модуля показана на рис. 10.3.

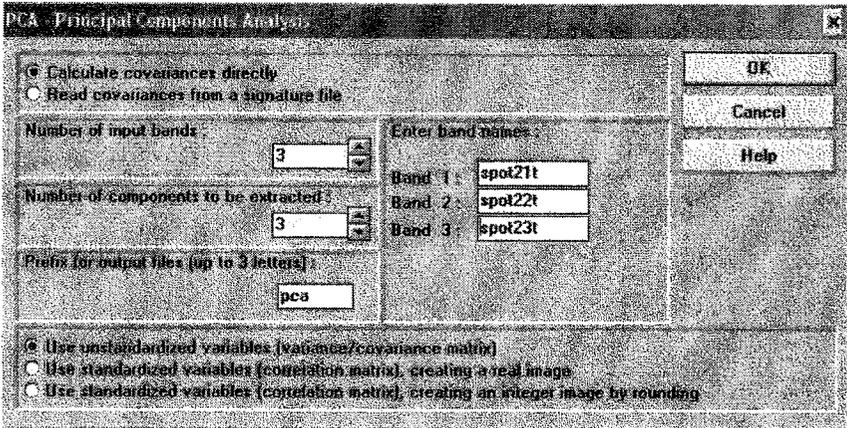


Рис. 10.3. Форма для запуска метода главных компонент

На рис. 10.4 представлены изображения поверхности, полученные с помощью французского спутника SPOT в трех спектральных каналах, т.е. вектор яркости f_{ij} содержит три компонента.

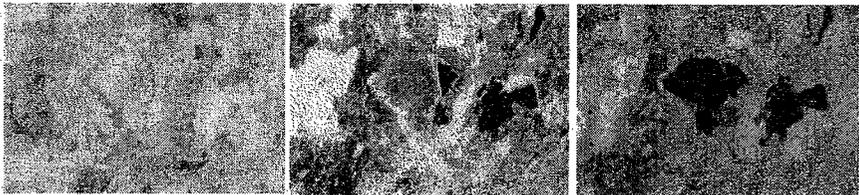


Рис. 10.4. Изображения поверхности в трех спектральных каналах

После запуска модуля PCA будут рассчитаны корреляционная матрица и нормированная корреляционная матрица яркости пикселей компонентов вектора f_{ij} :

	spot21t	spot22t	spot23t
spot21t	47.37	40.40	133.32
spot22t	40.40	37.75	94.55
spot23t	133.32	94.55	902.35

На главной диагонали корреляционной матрицы записаны значения дисперсии компонентов вектора яркости изображения: $\sigma_1^2 = 47,37$ - дисперсия яркости в первом канале, $\sigma_2^2 = 37,75$ - дисперсия яркости во втором канале, $\sigma_3^2 = 902,35$ - дисперсия яркости в третьем канале. Так как дисперсия характеризует контраст изображения, видно (см. рис. 10.4), что снимок в третьем канале самый контрастный. Числа вне главной диагонали — это коэффициенты корреляции между значениями яркостей в каналах: $R_{12} = R_{21} = 40,40$ - коэффициент корреляции между яркостями пикселей первого и второго каналов, $R_{13} = R_{31} = 133,32$ - коэффициент корреляции между яркостями пикселей первого и третьего каналов, $R_{23} = R_{32} = 94,55$ - коэффициент корреляции между яркостями пикселей второго и третьего каналов.

Нормированная корреляционная матрица:

	spot21t	spot22t	spot23t
spot21t	1.000000	0.955283	0.644843
spot22t	0.955283	1.000000	0.512285
spot23t	0.644843	0.512285	1.000000

Заметна высокая корреляция каналов, особенно между 1 и 2 диапазонами.

В результате расчета МГК получены следующие собственные числа корреляционной матрицы и процент объясняемой ими дисперсии

	K_1	K_2	K_3
λ	933.73	52.41	1.33
$P, \%$	94.56	5.31	0.13

Уже первая главная компонента объясняет более 94 % дисперсии. Вместе первая и вторая главные компоненты описали 99,87 % дисперсии! Первые две главные компоненты содержат практически то же количество информации, что и исходные три изображения.

Собственные векторы корреляционной матрицы

K_1	K_2	K_3
0.152807	0.689481	-0.708001
0.110567	0.699989	0.705543
0.982051	-0.186094	0.030729

Рассмотрим теперь, какое из исходных изображений имеет самую высокую корреляцию с главными компонентами. В табл. 10.1 приведены коэффициенты корреляции между исходными спектральными каналами и главными компонентами.

Таблица 10.1

Коэффициенты корреляции между исходными файлами и файлами главных компонент.

	K_1	K_2	K_3
spot21t	0.678413	0.725250	-0.118604
spot22t	0.549894	0.824819	0.132400
spot23t	0.998980	-0.044851	0.001179

Из таблицы видно, что первую главную компоненту определяет в основном информация 3-его канала ($r = 0.998980$).

Результат преобразования многоспектрального изображения на рис. 10.4 с помощью МГК можно видеть на рис. 10.5.

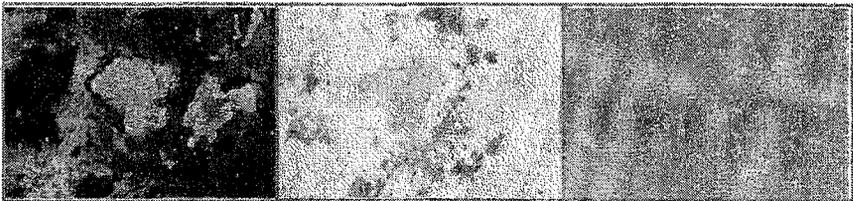


Рис. 10.5. Результат преобразования МГК

По результатам анализа изображений, обработанных МГК, можно сделать вывод, что первая главная компонента близка к наиболее яркому каналу исходного изображения и даже более контрастна. Вторая главная компонента подчеркивает текстуру изображения, позволяя четко разделить контуры и объекты, имеющие на снимке однородную текстуру от объектов, характеризующихся зернистостью. При этом может наблюдаться эффект псевдорельефа — объекты с более зернистой текстурой кажутся выпуклыми.

Порядок выполнения работы

1. Исходными данными являются спутниковые многоспектральные снимки. Обработайте эти снимки МГК с помощью модуля РСА (Analysis > Image Processing > Transformations > РСА).
2. Проанализируйте полученные главные компоненты.
3. Выберите наиболее информативный спектральный диапазон (диапазоны) зондирования.
4. Создайте модулем COMPOSIT синтезированное изображение из трех главных компонент и проанализируйте его.

Отчет должен содержать исходные изображения и результат их преобразования МГК, сравнительный анализ компонент.

Литература

1. Дистанционное зондирование в метеорологии, океанографии и гидрологии: Пер. с англ./Под ред. А. Крэкнелла. - М.: Мир, 1984. - 535 с.
2. Дистанционное зондирование: количественный подход. / Под ред. Свейна Ф., Дейвиса Ш. - М.: Недра, 1983. - 415 с.
3. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие. - М.: Логос, 2001. - 264 с.
4. Красильников Н.Н. Цифровая обработка изображений. - М.: Вузовская книга, 2001. - 320 с.
5. Цифровое преобразование изображений: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Р.Е.Быкова. - М.: Горячая линия - Телеком, 2003. - 228 с.

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА
СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ
С ПОМОЩЬЮ ГИС IDRISI**

по дисциплине Геоинформационные системы

Татьяна Евгеньевна Симакина

Редактор И.Г. Максимова

Подписано в печать 10.11.2004. Формат 60х90^{1/16}. Гарнитура «Baltica».

Бумага офсетная. Объем 3,75 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 104.

Отпечатано в ООО «Кром».

Санкт-Петербург, Новочеркасский пр., 1, т/ф. (812) 224-95-29